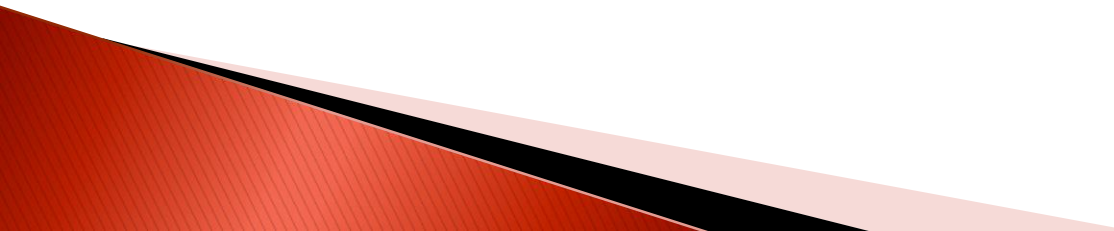


Roboti paraleli

Generarea unor traiectorii de miscare

Generarea traiectoriilor de mișcare

Pentru determinarea traiectoriei de mișcare pentru efectorul final, trebuie cunoscuți următorii parametrii:

- Coordonatele poziției inițiale și poziției finale pentru efectorul final;
 - Valoarea vitezei maxime, pe care o poate atinge efectorul final;
 - Valoarea accelerației maxime, pe care o poate atinge efectorul final.
- 

Generarea traiectoriilor de miscare

Generarea unei traiectorii liniare

Pentru legea de mișcare se disting două cazuri: primul, în care se atinge viteza maximă înainte de decelerare, și al doilea, în care efectul final nu ajunge la viteza maximă și trebuie să frâneze.

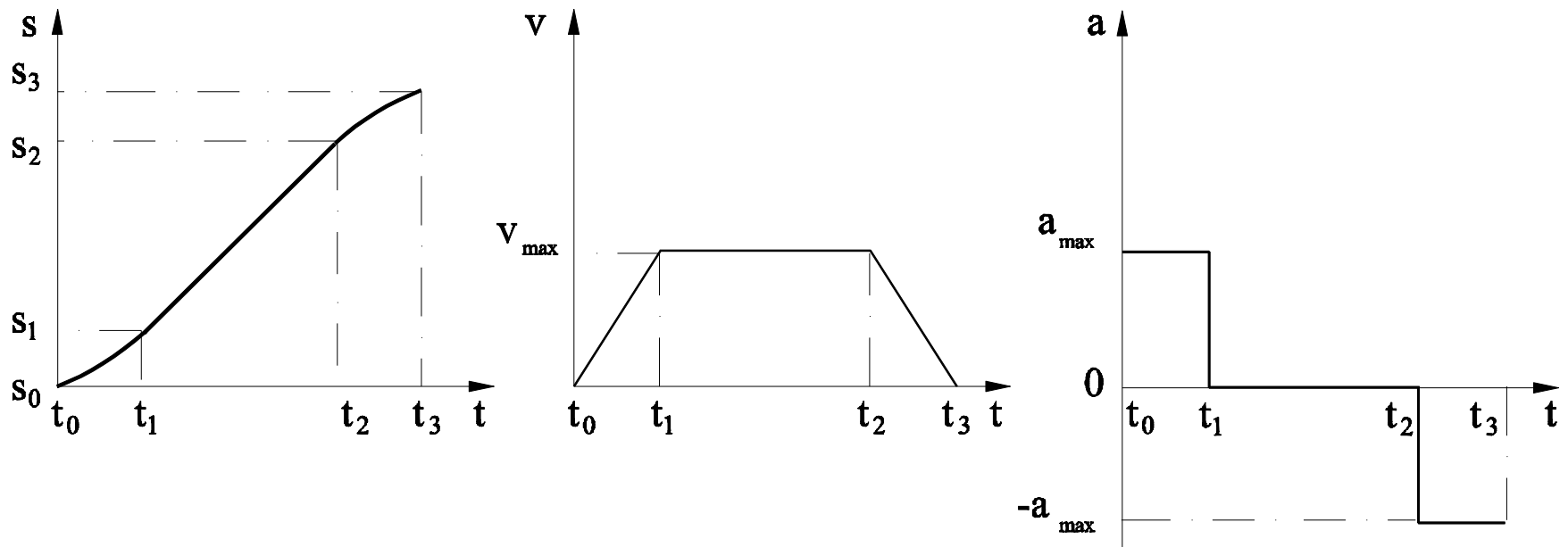
Pentru a determina cazul în care se încadrează mișcarea, se determină timpul de accelerare. Se știe că pe panta de accelerare variația vitezei este liniară (acclerația este constantă), deci mișcarea se încadrează în mișcare rectilinie uniform variată. Această mișcare este caracterizată de următoarele ecuații de mișcare:

$$S = S_0 + V_0 \cdot t + a \cdot \frac{t^2}{2} \quad \text{Ecuația spațiului}$$

$$V = V_0 + a \cdot t \quad \text{Ecuația vitezei}$$

Generarea traiectoriilor de mișcare

Date preliminare. Se presupune ca mișcarea se descompune în trei segmente



Variația spațiului, vitezei și accelerației pentru o traiectorie liniară

Generarea traiectoriilor de miscare

Date preliminare

Cunoscându-se ca mișcarea începe din poziție de repaus $v_0 = 0$ se poate determina timpul de accelerare (primul segment):

$$t_1 = \frac{v_{\max}}{a_{\max}} \quad \longrightarrow \quad s_1 = s_0 + a_{\max} \cdot \frac{t_1^2}{2} \quad \longrightarrow \quad s_1 = s_0 + \frac{v_{\max}^2}{2 \cdot a_{\max}}$$

Pentru segmentul $t_1 \rightarrow t_2$ mișcarea este rectilie uniformă, fiind caracterizată de ecuațiile:

$$s_2 = s_1 + v_{\max} \cdot (t_2 - t_1) \quad \longrightarrow \quad t_2 - t_1 = \frac{s_2 - s_1}{v_{\max}}$$

Generarea traiectoriilor de miscare

Date preliminare

Folosind relațiile anterioare se poate determina timpul de miscare pe fiecare segment:

$$t_2 = \frac{s_3 - s_0}{v_{\max}}$$

$$t_3 = \frac{s_3 - s_0}{v_{\max}} + \frac{v_{\max}}{a_{\max}}$$

Valorile timpilor t_1 si t_2 ne permit incadrarea miscarii in unul din cele doua cazuri posibile (conditionate de atingerea vitezei maxime de deplasare)

Generarea traiectoriilor de miscare

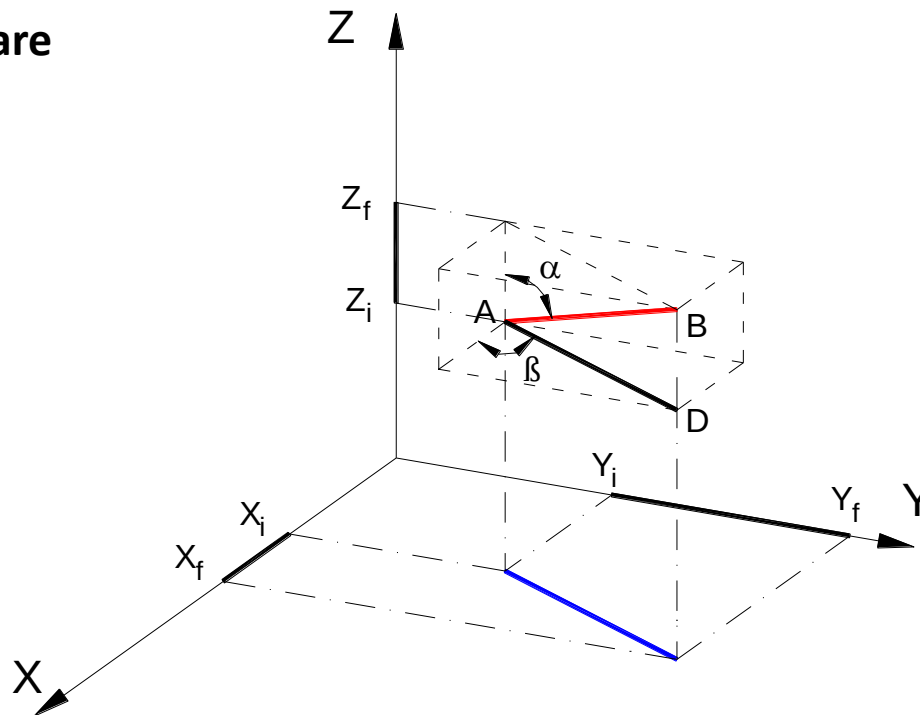
Date preliminare

Pentru exemplificarea mișcării rectilinii, s-a considerat cel mai general caz posibil, cel al unei segment în spațiu, pentru care se cunosc coordonatele inițiale și finale. Pentru a putea determina valorile instantanee ale poziției, vitezei și accelerației pe cele trei axe, se vor introduce o serie de notații:

- AB – segmentul în spațiu;
- CD – proiecția segmentului AB pe planul OXY;
- α – unghiul dintre AB și CD;
- β – unghiul dintre CD și proiecția acestuia pe axa OX.

Generarea traiectoriilor de miscare

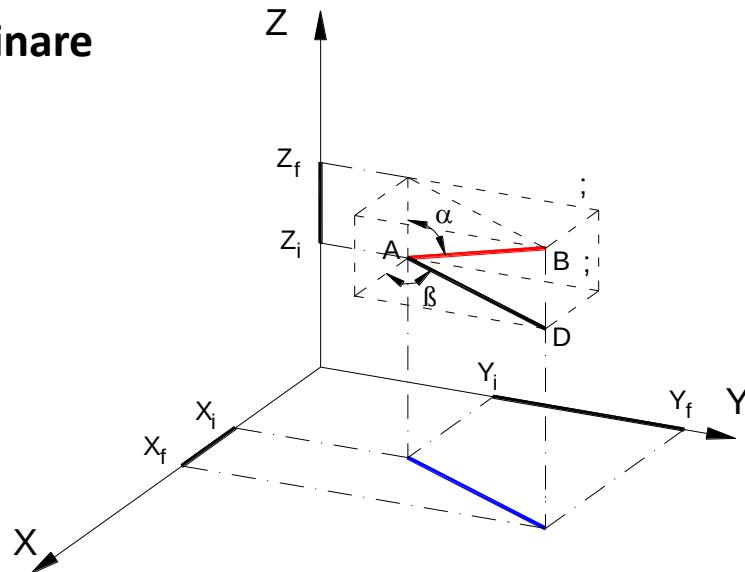
Date preliminare



- AB – segmentul în spațiu;
- CD – proiecția segmentului AB pe planul OXY;
- α – unghiul dintre AB și CD;
- β – unghiul dintre CD și proiecția acestuia pe axa OX.

Generarea traiectoriilor de miscare

Date preliminare



$$\cos(\alpha) = \frac{Z_{E_f} - Z_{E_i}}{AB}$$

$$\sin(\alpha) = \frac{AD}{AB}$$

$$AB = \sqrt{(X_{E_f} - X_{E_i})^2 + (Y_{E_f} - Y_{E_i})^2 + (Z_{E_f} - Z_{E_i})^2}$$

$$AD = \sqrt{(X_{E_f} - X_{E_i})^2 + (Y_{E_f} - Y_{E_i})^2}$$

$$\cos(\beta) = \frac{X_{E_f} - X_{E_i}}{AD} \quad \sin(\beta) = \frac{Y_{E_f} - Y_{E_i}}{AD}$$

Generarea traiectoriilor de miscare

Cazul I. Miscarea se descompune in trei segmente $t_1 < t_2$

Spațiul parcurs de punctul considerat ca generator de traiectorie este suficient de mare încât acesta să atingă viteza maximă, mișcarea fiind similară celei din figura anterioara.

În acest caz, se pot defini 3 intervale de studiu a mișcării.

Intervalul 1.

$$0 \leq t \leq t_1 \quad s_0 \leq s \leq s_1 \quad a = a_{\max}$$

Pe baza ecuațiilor fundamentale ale mecanicii care definesc această mișcare (mișcare rectilinie uniform variată), se determină valorile intermediare ale poziției, vitezei și accelerației efectorului final, pentru ca, pe baza modelului cinematic invers, să se poată determina valorile intermediare în cuplele motoare:

Generarea traiectoriilor de miscare

Cazul I. Miscarea se descompune in trei segmente

$$X_E = X_{E_i} + \frac{a_{\max}}{2} \cdot t^2 \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta)$$

$$Y_E = Y_{E_i} + \frac{a_{\max}}{2} \cdot t^2 \cdot \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta)$$

$$Z_E = Z_{E_i} + \frac{a_{\max}}{2} \cdot t^2 \cdot \cos(\alpha)$$

Pozitii

Intervalul 1.

$$\dot{X}_E = a_{\max} \cdot t \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta)$$

$$\dot{Y}_E = a_{\max} \cdot t \cdot \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta) \quad \text{Viteze}$$

$$\dot{Z}_E = a_{\max} \cdot t \cdot \cos(\alpha)$$

$$\ddot{X}_E = a_{\max} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta)$$

$$\ddot{Y}_E = a_{\max} \cdot \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta) \quad \text{Acceleratii}$$

$$\ddot{Z}_E = a_{\max} \cdot \cos(\alpha)$$

Generarea traiectoriilor de miscare

Cazul I. Miscarea se descompune in trei segmente

Intervalul 2.

$$t_1 \leq t \leq t_2 \quad s_1 \leq s \leq s_2 \quad a = 0 \quad v = v_{\max}$$

În acest interval de timp mișcarea este rectilinie uniformă. Pentru explicitarea ecuațiilor, se introduc notațiile: $X_{E_1}, Y_{E_1}, Z_{E_1}$ care reprezintă spațiul parcurs în primul interval de timp. Ecuațiile pentru acest al doilea interval de timp sunt:

Generarea traiectoriilor de miscare

Cazul I. Miscarea se descompune in trei segmente

$$X_E = X_{E_1} + v_{\max} \cdot (t - t_1) \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta)$$

$$Y_E = Y_{E_1} + v_{\max} \cdot (t - t_1) \cdot \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta)$$

$$Z_E = Z_{E_1} + v_{\max} \cdot (t - t_1) \cdot \cos(\alpha)$$

Pozitii

Intervalul 2.

$$\dot{X}_E = v_{\max} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta)$$

$$\dot{Y}_E = v_{\max} \cdot \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta)$$

$$\dot{Z}_E = v_{\max} \cdot \cos(\alpha)$$

Viteze

$$\ddot{X}_E = 0$$

$$\ddot{Y}_E = 0$$

$$\ddot{Z}_E = 0$$

Acceleratii

Generarea traiectoriilor de miscare

Cazul I. Miscarea se descompune in trei segmente

Intervalul 3.

$$t_2 \leq t \leq t_3 \quad s_2 \leq s \leq s_3 \quad a = -a_{\max}$$

În acest interval de timp ($t_3 - t_2 = t_1$) mișcarea este rectilinie uniform variată (decelerare) și are aceeași durată ca și intervalul de accelerare. Pentru explicitarea ecuațiilor, se introduc notațiile: $X_{E_2}, Y_{E_2}, Z_{E_2}$ și $\dot{X}_{E_2}, \dot{Y}_{E_2}, \dot{Z}_{E_2}$ care reprezintă spațiul parcurs în primele două intervale de timp, respectiv viteza la finalul celui de-al doilea interval de timp. Ecuațiile pentru acest al treilea interval de timp sunt:

Generarea traiectoriilor de miscare

Cazul I. Miscarea se descompune in trei segmente

$$X_E = X_{E_2} + \left(v_{\max} \cdot (t - t_2) - \frac{a_{\max}}{2} \cdot (t - t_2)^2 \right) \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta)$$

Intervalul 3.

$$Y_E = Y_{E_2} + \left(v_{\max} \cdot (t - t_2) - \frac{a_{\max}}{2} \cdot (t - t_2)^2 \right) \cdot \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta)$$

Pozitii

$$Z_E = Z_{E_2} + \left(v_{\max} \cdot (t - t_2) - \frac{a_{\max}}{2} \cdot (t - t_2)^2 \right) \cdot \cos(\alpha)$$

$$\dot{X}_E = \dot{X}_{E_2} - a_{\max} \cdot (t - t_2) \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta)$$

$$\dot{Y}_E = \dot{Y}_{E_2} - a_{\max} \cdot (t - t_2) \cdot \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta)$$

$$\dot{Z}_E = \dot{Z}_{E_2} - a_{\max} \cdot (t - t_2) \cdot \cos(\alpha)$$

Viteze

$$\ddot{X}_E = -a_{\max} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta)$$

$$\ddot{Y}_E = -a_{\max} \cdot \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta)$$

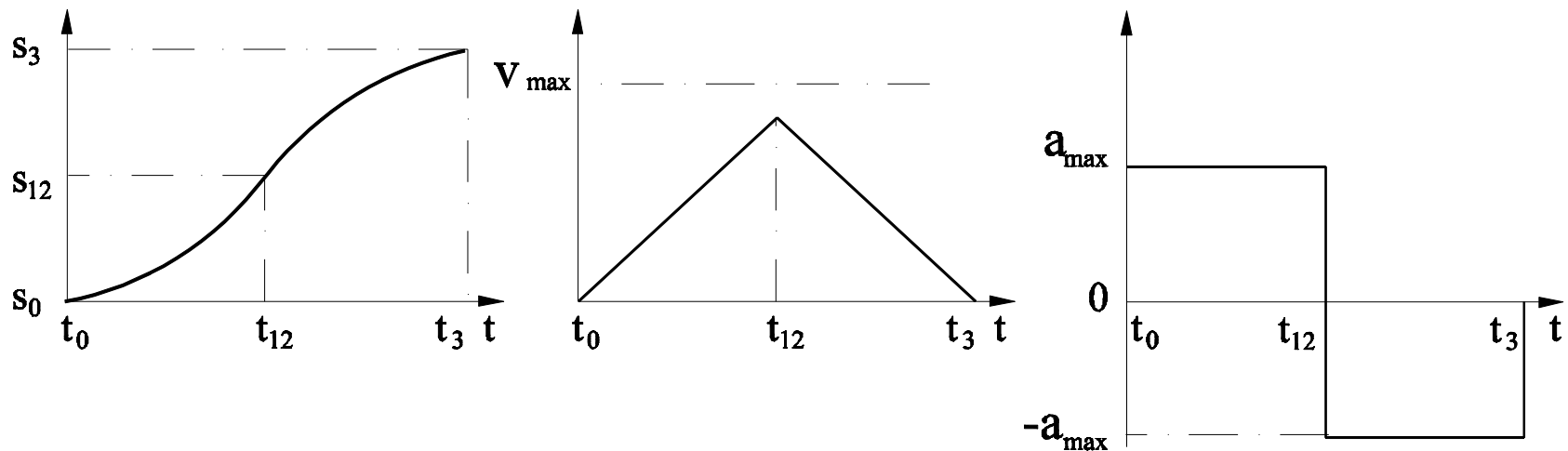
$$\ddot{Z}_E = -a_{\max} \cdot \cos(\alpha)$$

Acceleratii

Generarea traiectoriilor de mișcare

Cazul II. Mișcarea se descompune in doua segmente

Așa cum s-a precizat mai sus, există și un al doilea caz de realizare a mișcării, în cazul în care, nu se atinge viteza maximă înainte de începerea frânării, situație prezentată în figura de mai jos:



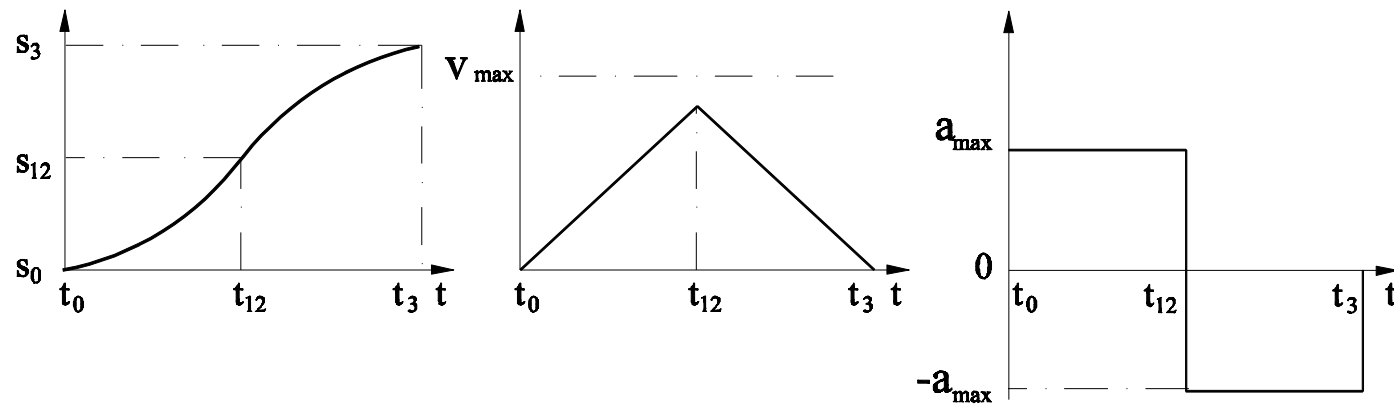
Variația spațiului, vitezei și accelerației pentru o mișcare liniară (varianta 2)

Generarea traiectoriilor de miscare

Cazul II. Miscarea se descompune in doua segmente

Pentru a doua variantă, întrucât timpii 1 și 2 se suprapun, există doar două cazuri (intervalul de accelerare și cel de frânare) care sunt egale, având relațiile, pe baza ecuației spațiului:

$$t_{12} = \sqrt{\frac{s_3 - s_0}{a_{\max}}}; \quad t_3 = 2 \cdot t_{12}$$

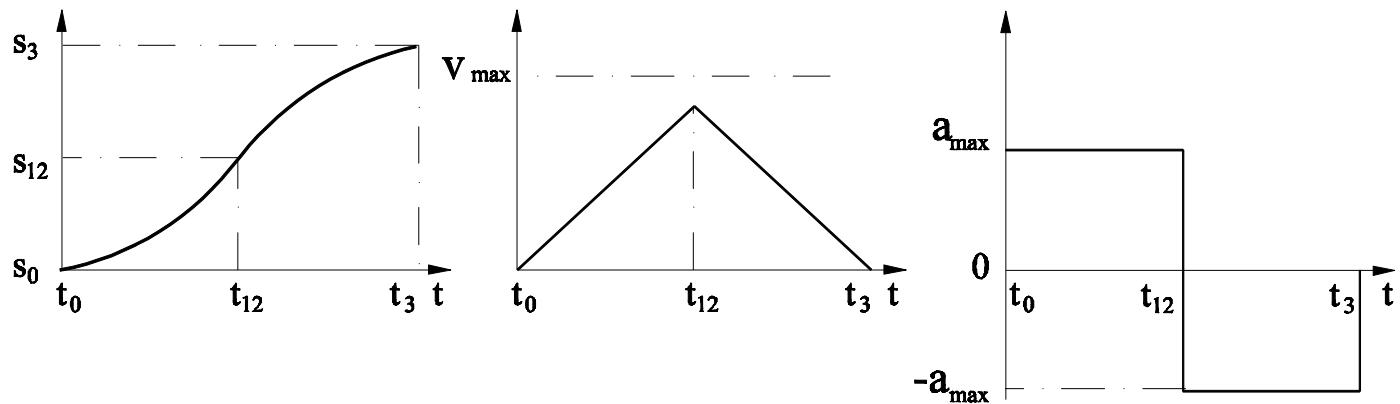


Generarea traiectoriilor de miscare

Cazul II. Miscarea se descompune in doua segmente

Intervalul 1. În acest caz efectorul final se va deplasa accelerat, până la atingerea timpului t_{12} când va începe decelerarea. Ecuațiile care caracterizează mișcarea sunt:

$$t_0 \leq t \leq t_{12} \quad s_0 \leq s \leq s_{12} \quad a = a_{\max}$$



Generarea traiectoriilor de miscare

Cazul II. Miscarea se descompune in doua segmente

Intervalul 1.

$$X_E = X_{E_i} + \frac{a_{\max}}{2} \cdot t^2 \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta)$$

$$Y_E = Y_{E_i} + \frac{a_{\max}}{2} \cdot t^2 \cdot \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta)$$

$$Z_E = Z_{E_i} + \frac{a_{\max}}{2} \cdot t^2 \cdot \cos(\alpha)$$

Pozitii

$$\dot{X}_E = a_{\max} \cdot t \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta)$$

$$\dot{Y}_E = a_{\max} \cdot t \cdot \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta)$$

$$\dot{Z}_E = a_{\max} \cdot t \cdot \cos(\alpha)$$

Viteze

$$\ddot{X}_E = a_{\max} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta)$$

$$\ddot{Y}_E = a_{\max} \cdot \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta)$$

Acceleratii

$$\ddot{Z}_E = a_{\max} \cdot \cos(\alpha)$$

Generarea traiectoriilor de miscare

Cazul II. Miscarea se descompune in doua segmente

Intervalul 2.

$$t_{12} \leq t \leq t_3 \quad s_{12} \leq s \leq s_3 \quad a = -a_{\max}$$

În acest interval de timp mișcarea este rectilinie uniform variată (decelerare) și are aceeași durată ca și intervalul de accelerare. Pentru explicitarea ecuațiilor, se introduc notațiile: $X_{E_{12}}, Y_{E_{12}}, Z_{E_{12}}$ și $\dot{X}_{E_{12}}, \dot{Y}_{E_{12}}, \dot{Z}_{E_{12}}$ care reprezintă spațiul parcurs în primul interval de timp, respectiv viteza la finalul acestuia. Ecuațiile pentru acest al doilea interval de timp sunt:

Generarea traiectoriilor de miscare

Cazul II. Miscarea se descompune in doua segmente

Intervalul 2.

$$X_E = X_{E12} + \left(\dot{X}_{E12} \cdot (t - t_{12}) - \frac{a_{\max}}{2} \cdot (t - t_{12})^2 \right) \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta)$$

$$Y_E = Y_{E12} + \left(\dot{Y}_{E12} \cdot (t - t_{12}) - \frac{a_{\max}}{2} \cdot (t - t_{12})^2 \right) \cdot \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta) \quad \text{Pozitii}$$

$$Z_E = Z_{E12} + \left(\dot{Z}_{E12} \cdot (t - t_{12}) - \frac{a_{\max}}{2} \cdot (t - t_{12})^2 \right) \cdot \cos(\alpha)$$

$$\dot{X}_E = \dot{X}_{E12} - a_{\max} \cdot (t - t_{12}) \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta)$$

$$\ddot{X}_E = -a_{\max} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta)$$

$$\dot{Y}_E = \dot{Y}_{E12} - a_{\max} \cdot (t - t_{12}) \cdot \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta) \quad \text{Viteze}$$

$$\ddot{Y}_E = -a_{\max} \cdot \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta) \quad \text{Acceleratii}$$

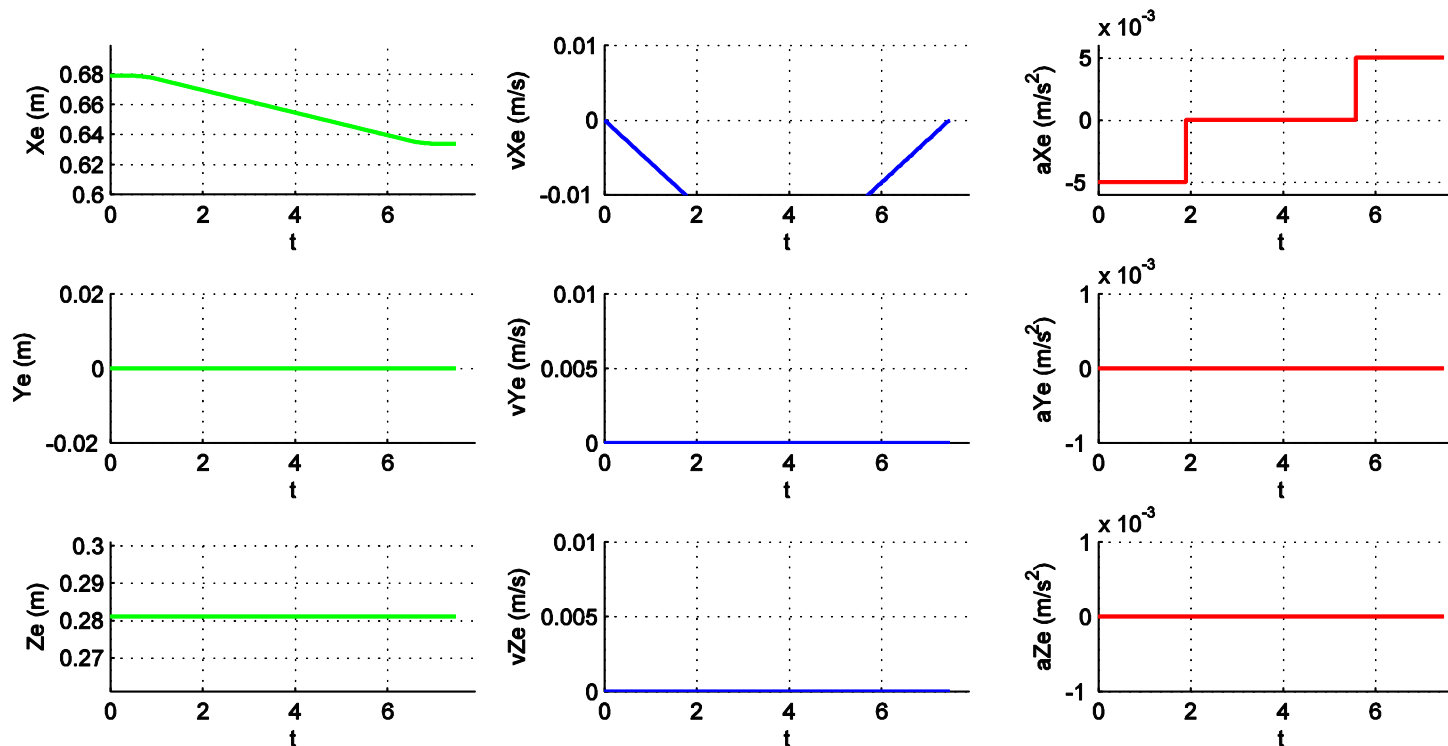
$$\dot{Z}_E = \dot{Z}_{E12} - a_{\max} \cdot (t - t_{12}) \cdot \cos(\alpha)$$

$$\ddot{Z}_E = -a_{\max} \cdot \cos(\alpha)$$

Generarea traiectoriilor de miscare

Aplicatie robot PARAMIS

Traietorie paralelă cu axa X în sensul negativ al acesteia



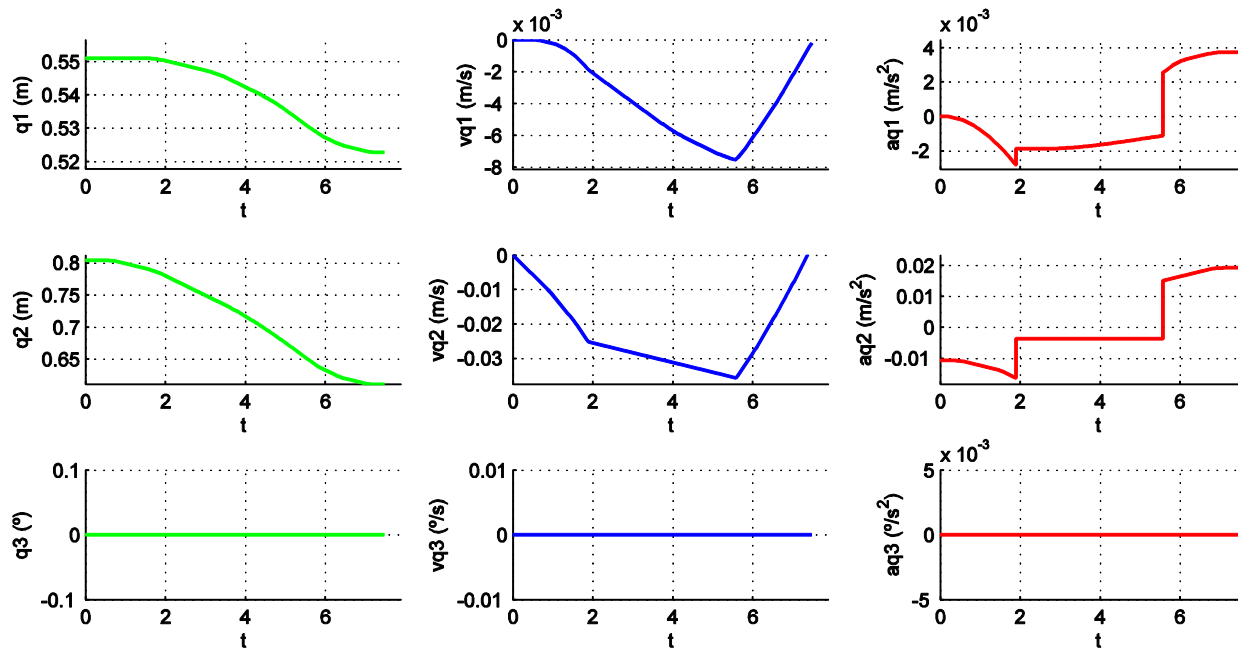
$$X_{E_i} = 0.679 \text{ m}, X_{E_f} = 0.620 \text{ m}, Y_{E_i} = Y_{E_f} = 0 \text{ m}, Z_{E_i} = Z_{E_f} = 0.281 \text{ m}$$

Variația spațiului, vitezei și accelerației efectorului final

Generarea traiectoriilor de miscare

Aplicatie robot PARAMIS

Traietorie paralelă cu axa X în sensul negativ al acesteia



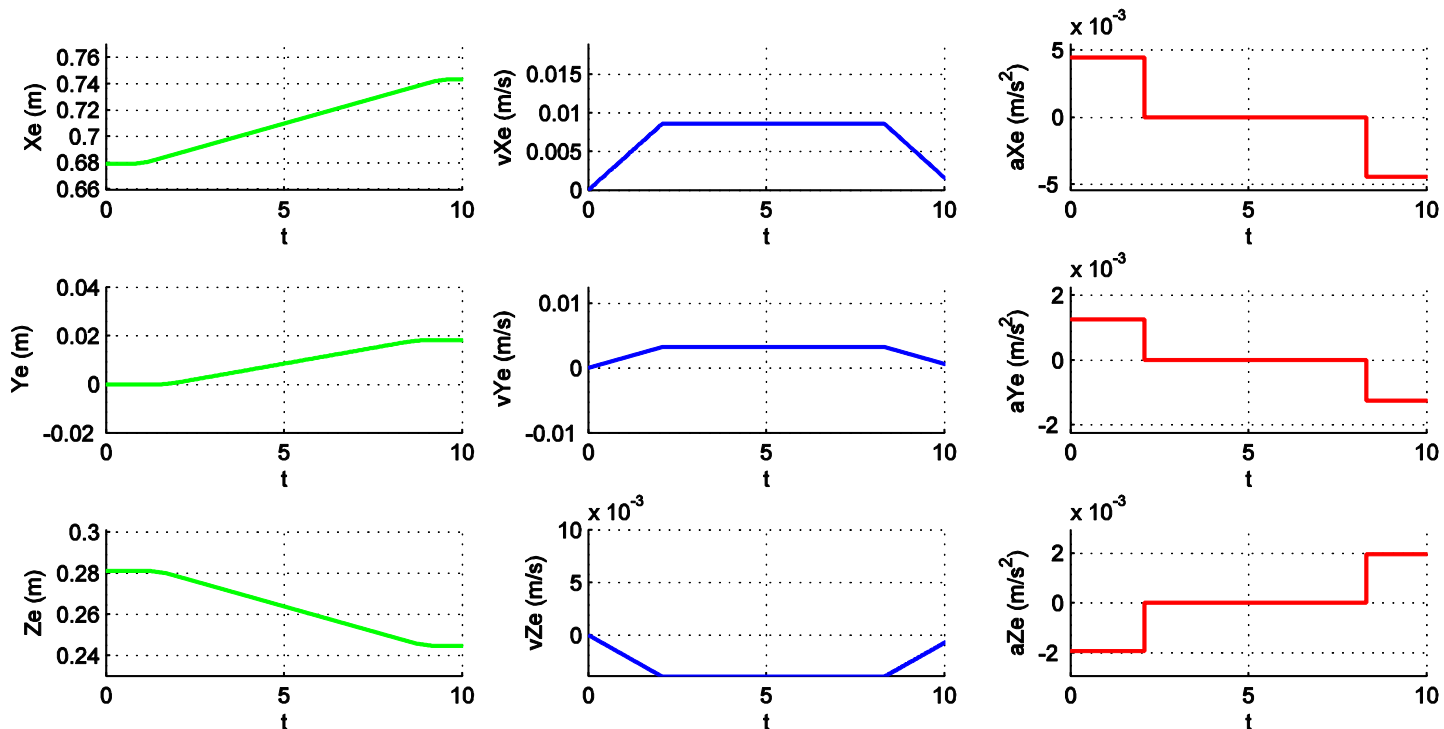
$$X_{E_i} = 0.679 \text{ m}, X_{E_f} = 0.620 \text{ m}, Y_{E_i} = Y_{E_f} = 0 \text{ m}, Z_{E_i} = Z_{E_f} = 0.281 \text{ m}$$

Variația spațiului, vitezei și accelerației cuplelor motoare

Generarea traiectoriilor de miscare

Aplicatie robot PARAMIS

Traiectorie liniara oarecare



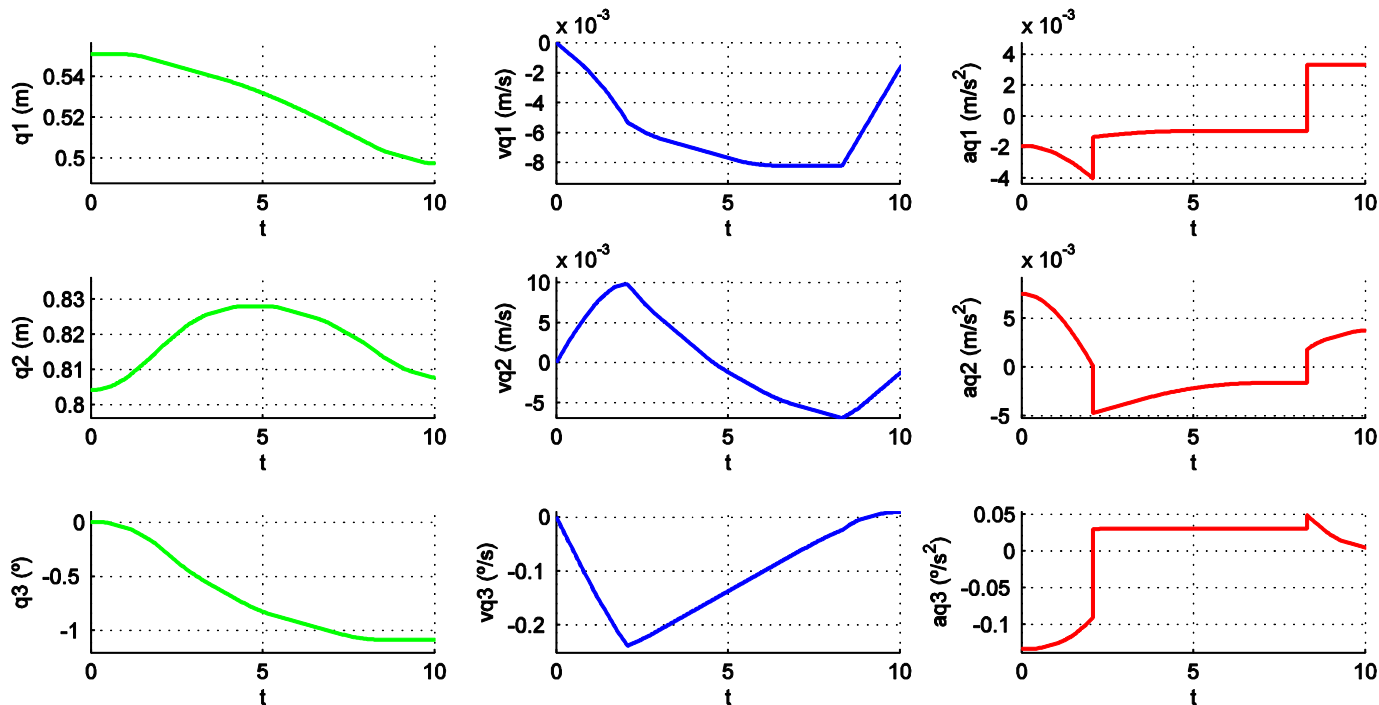
$$X_{E_i} = 0.679 \text{ m}, X_{E_f} = 0.750 \text{ m}, Y_{E_i} = 0 \text{ m}, Y_{E_f} = 0.020 \text{ m}, Z_{E_i} = 0.281 \text{ m}, Z_{E_f} = 0.250 \text{ m}$$

Variația spațiului, vitezei și accelerației efectorului final

Generarea traiectoriilor de miscare

Aplicatie robot PARAMIS

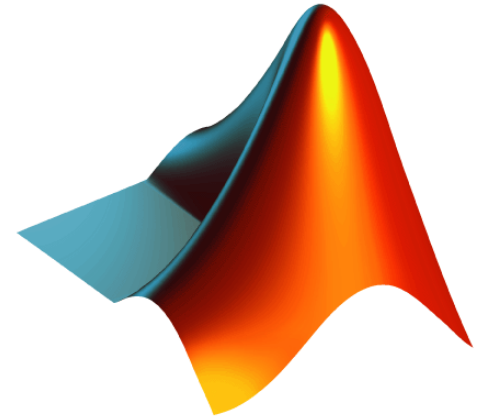
Traiectorie liniara oarecare



$$X_{E_i} = 0.679 \text{ m}, X_{E_f} = 0.750 \text{ m}, Y_{E_i} = 0 \text{ m}, Y_{E_f} = 0.020 \text{ m}, Z_{E_i} = 0.281 \text{ m}, Z_{E_f} = 0.250 \text{ m}$$

Variația spațiului, vitezei și accelerației cuplelor motoare

Generarea traiectoriilor de miscare



Discutii pe un model de program in MATLAB

Generarea traiectoriilor de miscare

Miscare cu 6 grade de libertate – cazul general

Daca trecem la cazul general, cu 6 grade de libertate, pe langa cele trei traslatii de-a lungul axelor de coordonate, se vor efectua si trei rotatii, unde valorile pentru fiecare unghi sunt diferite (cazul general), si trebuie definite in raport cu miscarea de translatie. O solutie in acest caz, este de a se impune ca timpul pentru orientarea efectorului final sa fie acelasi cu timpul de deplasare. Daca ecuatiile care descriu miscarea sunt relativ identice, in acest caz, timpii de miscare nu se mai calculeaza ci sunt impusi, si in functie de durata timpilor de miscare vor fi determinate viteza si acceleratia unghiulara necesare pentru realizarea miscarii.

Miscarea va fi analizata pe cele trei rotatii in jurul unghiurilor lui Euler, ψ, θ, φ care vor permite apoi trecerea spre modelul cinematic al robotului

Generarea traiectoriilor de miscare

Miscare cu 6 grade de libertate – cazul general (miscare pe trapez)

Presupunand ca miscarea incepe dintr-o stare de repaus se pot scrie urmatoarele ecuatii:

Intervalul $t_0 \rightarrow t_1$:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \varepsilon_{\max} \cdot \frac{t^2}{2}$$

La limita, cand $t = t_1$, se poate scrie ca:

$$\varphi_1 = \varepsilon_{\max} \cdot \frac{t_1^2}{2} \quad \omega_{\max} = \varepsilon_{\max} \cdot t_1$$

Unde: $\varphi_1 = \varphi - \varphi_0, \omega_0 = 0, t = t_1$

Generarea traiectoriilor de miscare

Miscare cu 6 grade de libertate – cazul general (miscare pe trapez)

Intervalul $t_1 \rightarrow t_2$:

$$\varphi = \varphi_1 + \omega_1(t - t_1) + \varepsilon \cdot \frac{(t - t_1)^2}{2}$$

In acest interval, acceleratia este nula (viteza fiind constanta), astfel ca la limita, cand $t=t_2$ rezulta:

$$\varphi_2 = \varphi_1 + \omega_{\max}(t_2 - t_1) = \varphi_1 + \varepsilon_{\max} \cdot t_1 \cdot (t_2 - t_1)$$

Generarea traiectoriilor de miscare

Miscare cu 6 grade de libertate – cazul general (miscare pe trapez)

Intervalul $t_2 \rightarrow t_3$:

$$\varphi = \varphi_2 + \omega_2(t - t_2) - \varepsilon \cdot \frac{(t - t_2)^2}{2}$$

In acest interval, unde avem o miscare decelerata, la limita, cand $t=t_3$ rezulta:

$$\varphi_3 = \varphi_2 + \omega_{\max}(t_3 - t_2) - \varepsilon_{\max} \cdot \frac{(t_3 - t_2)^2}{2}$$

sau

$$\varphi_3 = \varphi_2 + \varepsilon_{\max} \cdot t_1 \cdot (t_3 - t_2) - \varepsilon_{\max} \cdot \frac{(t_3 - t_2)^2}{2}$$

Generarea traiectoriilor de miscare

Miscare cu 6 grade de libertate – cazul general (miscare pe trapez)

Adunand ecuatiile de pe fiecare etapa a miscarii, rezulta:

$$\varphi_1 = \varepsilon_{\max} \cdot \frac{t_1^2}{2} \quad \varphi_2 = \varphi_1 + \omega_{\max}(t_2 - t_1) = \varphi_1 + \varepsilon_{\max} \cdot t_1 \cdot (t_2 - t_1)$$

$$\varphi_3 = \varphi_2 + \varepsilon_{\max} \cdot t_1 \cdot (t_3 - t_2) - \varepsilon_{\max} \cdot \frac{(t_3 - t_2)^2}{2}$$



$$\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 =$$

$$= \varphi_1 + \varphi_2 + \varepsilon_{\max} \cdot \frac{t_1^2}{2} + \varepsilon_{\max} \cdot t_1 \cdot (t_2 - t_1) +$$

$$+ \varepsilon_{\max} \cdot t_1 \cdot (t_3 - t_2) - \varepsilon_{\max} \cdot \frac{(t_3 - t_2)^2}{2}$$

Generarea traiectoriilor de miscare

Miscare cu 6 grade de libertate – cazul general (miscare pe trapez)

$$\begin{aligned}\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 &= \\ &= \varphi_1 + \varphi_2 + \varepsilon_{\max} \cdot \frac{t_1^2}{2} + \varepsilon_{\max} \cdot t_1 \cdot (t_2 - t_1) + \\ &+ \varepsilon_{\max} \cdot t_1 \cdot (t_3 - t_2) - \varepsilon_{\max} \cdot \frac{(t_3 - t_2)^2}{2}\end{aligned}$$



$$\varphi = \frac{2 \cdot \varepsilon_{\max} \cdot t_1 \cdot t_3 - \varepsilon_{\max} \cdot t_1^2 - \varepsilon_{\max} \cdot (t_3 - t_2)^2}{2}$$



$$\varphi = \varepsilon_{\max} \frac{2 \cdot t_1 \cdot t_3 - t_1^2 - (t_3 - t_2)^2}{2}$$

Generarea traiectoriilor de miscare

Miscare cu 6 grade de libertate – cazul general (miscare pe trapez)

$$\varphi = \varepsilon_{\max} \frac{2 \cdot t_1 \cdot t_3 - t_1^2 - (t_3 - t_2)^2}{2}$$

Din aceasta relatie se poate obtine acceleratia unghiulara maxima pentru un unghi dat, in functie de timpii de miscare rezultati din miscarea liniara

$$\varepsilon_{\max} = \frac{2 \cdot \varphi}{2 \cdot t_1 \cdot t_3 - t_1^2 - (t_3 - t_2)^2}$$

Generarea traiectoriilor de miscare

Miscare cu 6 grade de libertate – cazul general (miscare pe trapez)

Se determina astfel acceleratia unghiulara maxima pentru fiecare din unghiurile lui Euler:

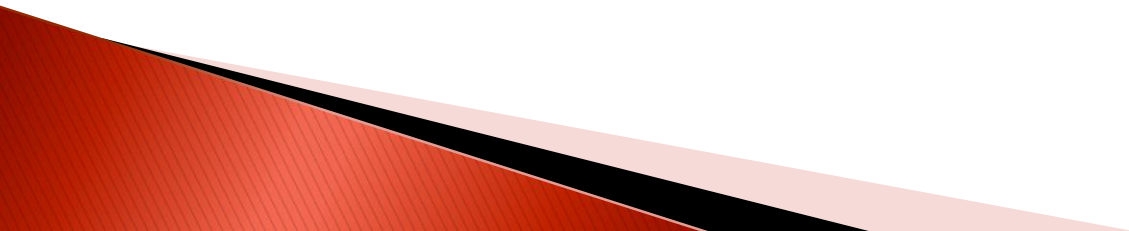
$$\varepsilon_{\psi \max} = \frac{2 \cdot \psi}{2 \cdot t_1 \cdot t_3 - t_1^2 - (t_3 - t_2)^2}$$

$$\varepsilon_{\theta \max} = \frac{2 \cdot \theta}{2 \cdot t_1 \cdot t_3 - t_1^2 - (t_3 - t_2)^2}$$

$$\varepsilon_{\varphi \max} = \frac{2 \cdot \varphi}{2 \cdot t_1 \cdot t_3 - t_1^2 - (t_3 - t_2)^2}$$

Generarea traiectoriilor de miscare

Miscare cu 6 grade de libertate – cazul general (miscare pe triunghi)



Generarea traiectoriilor de miscare

Miscare cu 6 grade de libertate – cazul general (miscare pe triunghi)

In acest caz, se vor folosi timpii de miscare t_{12} si t_3 calculati anterior, expresiile pentru miscarea unghiulara fiind determinate in continuare:

Pe intervalul $t_0 \rightarrow t_{12}$:

$$\varphi_{12} = \varphi_0 + \varepsilon_{\max} \cdot \frac{t_{12}^2}{2}$$



$$\varepsilon_{\max} = \frac{2 \cdot \varphi_{12} - \varphi_0}{t_{12}^2}$$

Generarea traiectoriilor de miscare

Miscare cu 6 grade de libertate – cazul general (miscare pe triunghi)

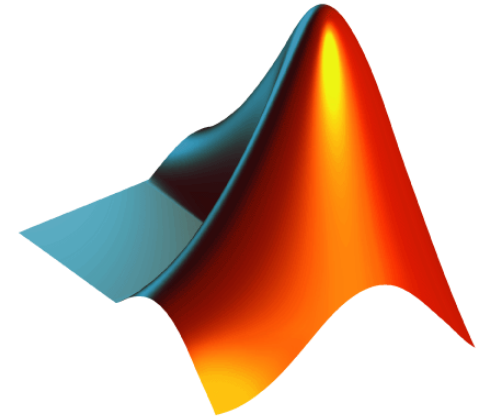
Se determina astfel acceleratia unghiulara maxima pentru fiecare din unghiurile lui Euler:

$$\varepsilon_{\psi \max} = \frac{2 \cdot \psi_{12} - \psi_0}{t_{12}^2}$$

$$\varepsilon_{\theta \max} = \frac{2 \cdot \theta_{12} - \theta_0}{t_{12}^2}$$

$$\varepsilon_{\varphi \max} = \frac{2 \cdot \varphi_{12} - \varphi_0}{t_{12}^2}$$

Generarea traiectoriilor de miscare



Discutii pe un model de program in MATLAB (DORIN)