



A III –a Sesiune Științifică

CIB 2007

15 - 16 Noiembrie 2007, Brașov

MODELUL DINAMIC LAGRANGE PENTRU CONTROLUL STRUCTURILOR DE ORIENTARE AL PANOURILOR SOLARE

BOTIȘ Marius
TALPOȘI Atanasie

Universitatea Transilvania Brașov-Facultatea de Construcții, e-mail mbotis@unitbv.ro

Abstract: In this paper is presented a dynamic model for cinematic parameters control at a structure designed for orientation solar panels (tracking control). The structures is designed by Transylvania University and follow to put this type of structure one in Brașov – România and another Zwickau - Germany. The dynamic model use Lagrange equations and for rejection of perturbations in position, that appear, will be designed controller type PD and PID in Simulink. In this article is presented only dynamic model. Controller de type PD and PID and how calculates de accord parameters K_p , K_d , K_i are presented in other article.

Key words: dynamic model, controller PID and PD, tracking control

1.PREZENTAREA STRUCTURII DE ORIENTARE A PANOURILOR SOLARE

Sistemul de orientare al panourilor solare este format dintr-un stâlp, pe care este fixat - prin două cuple cinematice - o platformă sub forma unui disc pe care se montează panourile solare. Discul pe care sunt montate panourile solare are datorită celor două cuple cinematice, 2 grade de libertate. Pentru a acționa discul, în cuplele cinematice de rotație, se utilizează un grup hidraulic care deservește două motoare hidraulice, unul liniar și unul rotativ. Scopul modificării poziției discului pe cele două grade de libertate este obținerea unui randament energetic optim al conversiei energiei solare în energie electrică.

Necesitatea utilizării unui sistem de control se impune datorită modului de funcționare al sistemului de orientare al panourilor solare, precum și datorită perturbațiilor termice și fluctuațiilor vitezei vântului, care trebuie compenstate prin intermediul sistemului de control.

Sistemul de control, datorită intrărilor digitale și analogice de care dispune, permite monitorizarea acțiunii vântului asupra structurii, precum și a randamentului energetic al panourilor solare. Este de remarcat că suprafața panourilor pe direcția de înaintare a vântului variază în timpul funcționării, putând astfel să conducă, în anumite cazuri, la forțe laterale importante. Deoarece, viteza vântului în zona în care se va monta structura suferă amplificări - datorită variației secțiunii terenului pe elevație - se poate ajunge la forțe laterale mari care să depășească posibilitățile de acționare ale grupului hidraulic. Din acest motiv, sistemul de control are implementat proceduri prin care aduce sistemul într-o poziție care să opună o rezistență minimă la acțiunea vântului.

Una din problemele care le ridică realizarea acestui tip de structură este răspunsul tranzitoriu al structurii la accelerarea și decelerarea sistemului, datorită faptului că pentru realizarea unei mișcări complete sunt necesare, în medie, 18 accelerări și decelerări ale sistemului de acționare în cursul unei zile în cupla principală de rotație. Bineînțeles că perturbațiile în poziționare, introduse de forțele de inerție, pot fi compensate de sistemul de control între anumite limite. Pentru a minimiza efectul acestor perturbații, datorită forțelor de inerție, s-au realizat analize modale și dinamice complexe cu programele ETABS și SAP2000. Frecvențele proprii ale elementelor au fost astfel alese încât să avem practic de-a face cu corpuri rigide, iar controlul structurii să poată fi realizat.

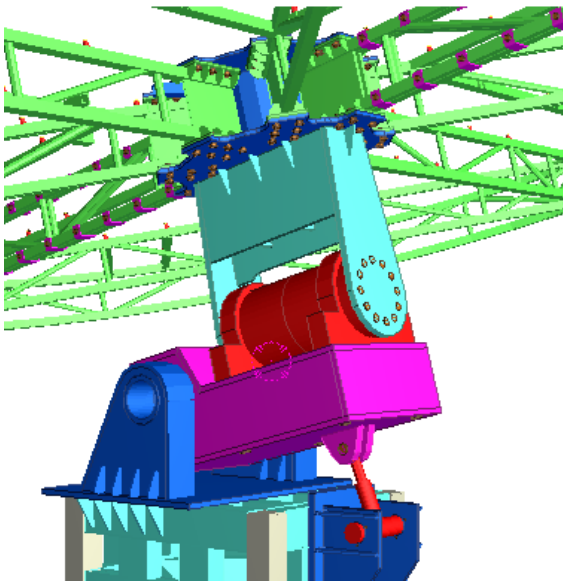


Fig.1 Sistemul de acționare al discului pe care sunt montate panourile solare

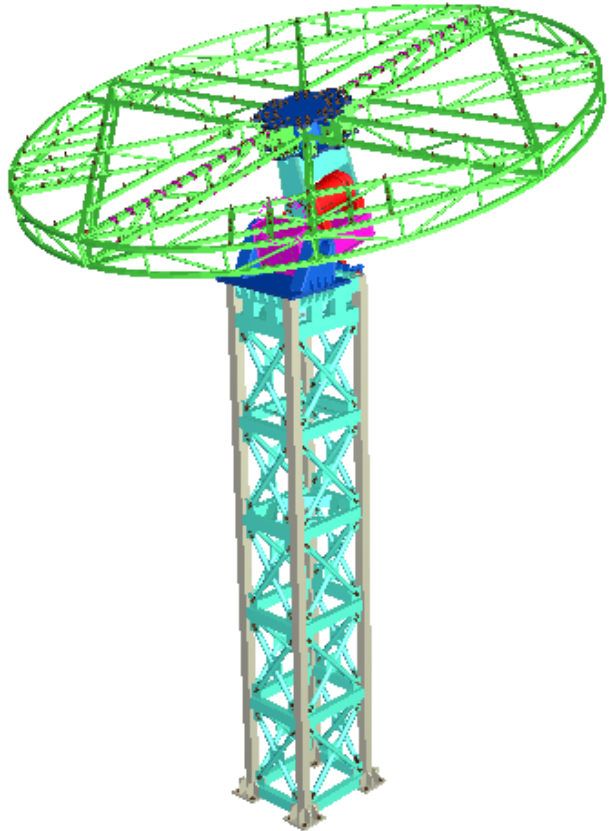


Fig.2 Structura de poziționare a panourilor solare compusă din stâlp disc și mecanism de orientare

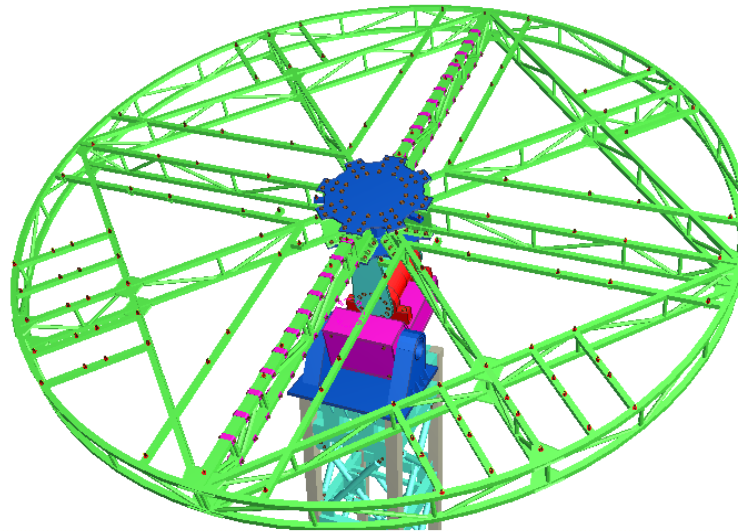


Fig.3 Discul pe care sunt montate panourile solare

2.MODELUL DINAMIC LAGRANGE PENTRU SISTEMUL DE ORIENTARE

Pentru modelarea dinamică a mișcării sistemului de orientare, se utilizează un model cu mase concentrate considerând că elementele sistemului sunt corpuri solid rigide. Corpurile care compun sistemul de acționare pot fi considerate solide rigide deoarece, după cum am specificat mai sus, în urma analizelor modale realizate pe elementele structurii se poate constata că prin conformarea aleasă se asigură o rigiditate mare a elementelor din care este compusă structura de orientare a panourilor solare.

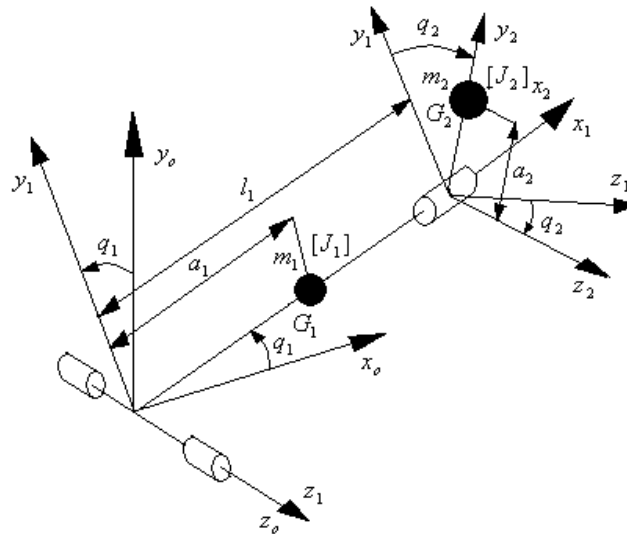


Fig.4 Modelul Euler - Lagrange pentru orientarea sistemului de acționare panouri solare

Parametrii cinematici ai masei m2:

$$r_2 = \begin{Bmatrix} l_1 \\ a_2 \\ 0 \end{Bmatrix}_{Ox_2y_2z_2} ; \omega_2 = \begin{Bmatrix} \dot{q}_2 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos q_1 & \sin q_2 \\ 0 & -\sin q_1 & \cos q_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ q_1 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} q_2 \\ q_1 \sin q_2 \\ q_1 \cos q_2 \end{Bmatrix}_{Ox_2y_2z_2} ; \quad (1)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{d}{dt} \omega_2 = \left\{ \begin{array}{c} \ddot{q}_2 \\ \ddot{q}_1 \sin q_2 + \dot{q}_1 \dot{q}_2 \cos q_2 \\ \ddot{q}_1 \cos q_2 - \dot{q}_1 \dot{q}_2 \sin q_2 \end{array} \right\}_{Ox_2y_2z_2}.$$

Parametrii cinematici ai masei m1:

$$r_1 = \left\{ \begin{array}{c} a_1 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\}_{Ox_1y_1z_1}; \quad \omega_1 = \left\{ \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ \dot{q}_1 \end{array} \right\}_{Ox_1y_1z_1}; \quad \varepsilon_1 = \left\{ \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ \ddot{q}_1 \end{array} \right\}_{Ox_1y_1z_1} \quad (2)$$

Vitezele pentru centrele de masă, ale celor două corpuri, sunt:

$$v_1 = \left\{ \begin{array}{c} 0 \\ \dot{q}_1 a_1 \\ 0 \end{array} \right\}_{Ox_1y_1z_1}; \quad v_2 = \tilde{\omega}_2 r_2 = \left\{ \begin{array}{c} -\dot{q}_1 a_2 \cos q_2 \\ \dot{q}_1 l_1 \cos q_2 \\ -\dot{q}_1 l_1 \sin q_2 + \dot{q}_2 a_2 \end{array} \right\}. \quad (3)$$

Energiile cinetice, ale celor două corpuri, sunt:

$$E_1 = \frac{1}{2} \dot{q}_1^2 (m_1 a_1^2 + J_{1z});$$

$$E_2 = \frac{1}{2} \dot{q}_1^2 (J_{2y} \sin^2 q_2 + J_{2z} \cos^2 q_2 + m_2 a_2^2 \cos^2 q_2 + m_2 l_1^2) + \frac{1}{2} \dot{q}_2^2 (J_{2x} + m_2 a_2^2) - \dot{q}_1 \dot{q}_2 l_1 a_2 \sin q_2 m_2. \quad (4)$$

Energiile de poziție în câmp gravitațional, ale celor două corpuri, sunt:

$$U_1 = m_1 g a_1 \sin q_1;$$

$$U_2 = m_2 g (l_1 \sin q_1 + a_2 \cos q_2 \cos q_1). \quad (5)$$

Conform ecuațiilor lui Lagrange, se obține modelul dinamic care permite determinarea forțelor generalizate de acționare din cuple în funcție de legile de mișcare adoptate și masele sistemului de poziționare.

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_k} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_k} = Q_k. \quad (6)$$

Forțele generalizate sunt:

$$Q_{z1} = \ddot{q}_1 (J_{1z} + J_{2y} \sin^2 q_2 + J_{2z} \cos^2 q_2 + m_1 a_1^2 + m_2 (a_2^2 \cos^2 q_2 + l_1^2)) - \dot{q}_2 m_2 l_1 a_2 \sin q_2 - \dot{q}_2^2 m_2 l_1 a_2 \cos q_2 + 2 \dot{q}_1 \dot{q}_2 (J_{2y} - J_{2z} - m_2 a_2^2) \sin q_2 \cos q_2 - m_1 g a_1 \cos q_1 - m_2 g (l_1 \cos q_1 - a_2 \sin q_1 \cos q_2); \quad (7)$$

$$Q_{z2} = -\dot{q}_1 m_2 l_1 a_2^2 \sin q_2 + \ddot{q}_2 m_2 (J_{2x} + m_2 a_2^2) - \dot{q}_1^2 (J_{2y} - J_{2z} - m_2 a_2^2) \sin q_2 \cos q_2 + m_2 g a_2 \cos q_1 \sin q_2.$$

3. CONCLUZII:

- Modelul dinamic, de tip Lagrange, se poate folosi la controlul structurilor de orientare a panourilor solare fiind ușor de implementat, deoarece permite obținerea directă a forțelor generalizate din cuplele cinematice. Dacă se utiliza un model de tip Newton era necesar ca în prealabil să se determine reacțiunile dinamice care nu ar fi fost necesare în partea de control a structurii.

- Datorită rigidităților foarte mari, ale elementelor care compun sistemul de orientare, se pot considera elemente solide rigide - fără a ține cont de elasticitatea lor.

- Pentru a modela, din punct de vedere dinamic, comportarea sistemului de orientare se poate lua în considerare doar un model cu 1GLD, deoarece rotația în jurul axei O_z se realizează cu accelerații foarte mici care nu implică forțe de inerție semnificative la intervale de timp foarte mari.

4. BIBLIGRAFIE:

- [1]. Botiș, M - Static and modal analysis of trusses structures. Editura Napoca STAR 2007.
- [2]. Ogata, K –Modern Control Engineering. Prentice-Hall, 1977.