

Két szabadságfokú, rugalmaskötésű robot

Two-dof Robot with Flexure Hinges

Robot cu două grade de libertate cu cuple flexibile

LATES Daniel¹, NOVEANU Simona², ZAH Mihai³

¹Doctorand anul II, Departamentul MDM, daniellates@yahoo.fr

²Sef Lucr.Dr.Ing., Departamentul MDM, Simona.Noveanu@mdm.utcluj.ro

³Doctorand anul III, Departamentul MDM, zahmihai58@yahoo.com

ABSTRACT

In this paper we will present the study of a robot with two degrees of freedom. Robot is a compliance structure with flexible joints which brings benefits in terms of system structure. The robot is driven by two piezoelectric actuators, individually controlled. In continuation the paper will lead to analysis and modeling of kinematics and a simulation of the motion, determining the structure stress with finite element analysis. The robot is designed to make a controlled and precise positioning in plane.

ÖSSZEFOGLALÓ

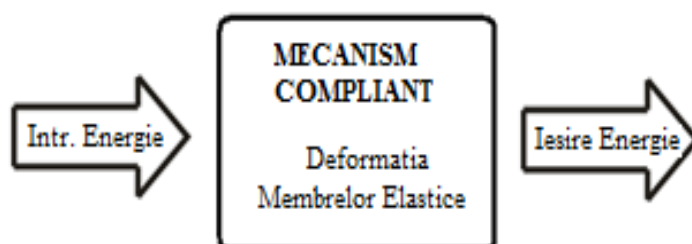
A dolgozat egy két szabadságfokú, rugalmaskötésekkel rendelkező robot tanulmányozásával foglalkozik. A robotot két, külön vezérelt piezoelektromos aktuátor működteti. A kinematikai analízis és modellezés után, végelelemes módszerrel vannak meghatározva a belső feszültségek. A robot síkbeli pontos, vezérelt pozicionálásra szolgál.

Kulcsszavak: pozicionáló rendszer, rugalmas kötésű mechanizmus, piezoelektromos aktuátor.

1. BEVEZETÉS

A technológia folytonos fejlődése és a robotok szerkezeti felépítésének miniaturizálása következtében, melyek vezérlése egyre jobb és pontosabb mozgás irányítást követel, a pozicionáló rendszerek is állandó fejlődésben, átalakulásban vannak. A klasszikus kötésekről a rugalmas kötésű, egy testből álló mechanizmusokra való áttérést a megelőző kiterjedt, anyagtudományi vizsgálatok eredményei tették lehetővé.

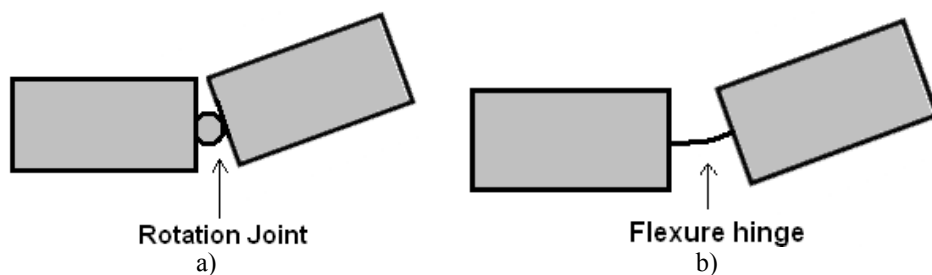
A rugalmaskötésű mechanizmusok azok a mechanikai szerkezetek, melyek a mozgást, vagy az erőt az anyagának rugalmas tulajdonsága következtében tobbábitják (1. ábra)



1. ábra

Rugalmas kötésű mechanizmus mozgása

Egy rugalmas kötés egyetlen darabból, két merev részből áll, melyeket egy vékony rész köt össze. Ennek rugalmassága biztosítja a két rész relatív elfordulását (2. ábra).

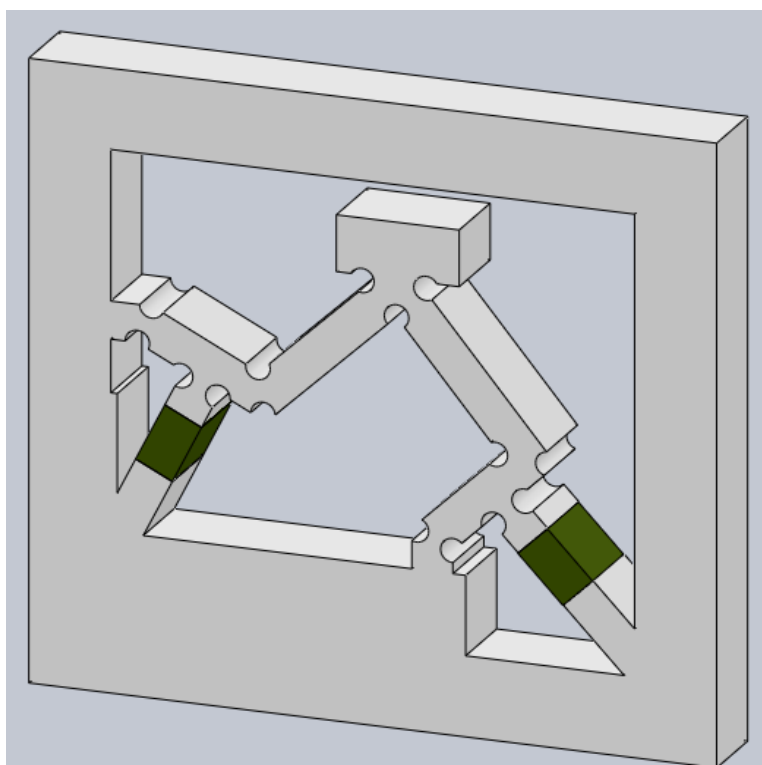


2. ábra
Hagyományos kötés (a), Rugalmas kötés (b)

Ez a felépítés teszi lehetővé, hogy a rugalmas kötésű mechanizmusok miniaturizálhatók lehessenek és a mozgásokat nagy pontossággal lehessen vezérelni.

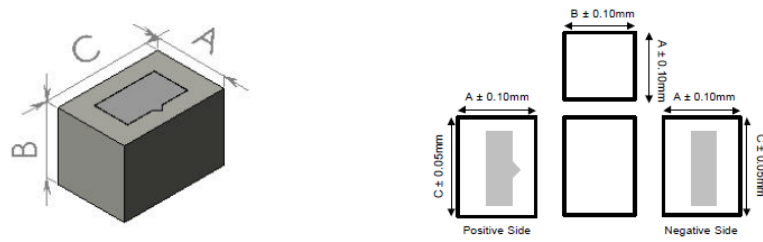
2. SZERKEZETI LEÍRÁS

A robot síkbeli pozicionáló mechanizmusa egy sajátos felépítésű, merev és rugalmas részeket tartalmazó, tömör testből áll (3. ábra).



3. ábra
Rugalmas pozicionáló szerkezet

Az ábrán látható, hogy a rugalmas kötés az anyag elvékonyításával kapjuk. A két szabadságfokot a látható piezoelektromos meghajtók biztosítják, melyek technikai adatait a 4. ábrán láthatjuk.



Properties	PAC-122C	PAC-222C	PAC-422C
Operating Temperature Range	-20°C ~ 150°C	-20°C ~ 120°C	-20°C ~ 150°C
Max. Operating Voltage	150 V		
Max. Displacement	≥ 1.0 μm	≥ 1.2 μm	≥ 0.8 μm
Displacement Hysteresis	≤ 15%		
Unloaded Resonance Frequency	≥ 400 kHz		
Max. Force Generation	≥ 12 N		
Capacitance @ 1 kHz	12 nF ± 20%	18 nF ± 20%	10 nF ± 20%
Dielectric Loss (tanδ) @ 1 kHz	≤ 3.0%	≤ 2.0%	≤ 0.5%
Insulation Resistance	≥ 100 MΩ		
Dimension (A x B x C)	2 mm x 2 mm x 3 mm		
Mass (g)	0.095		

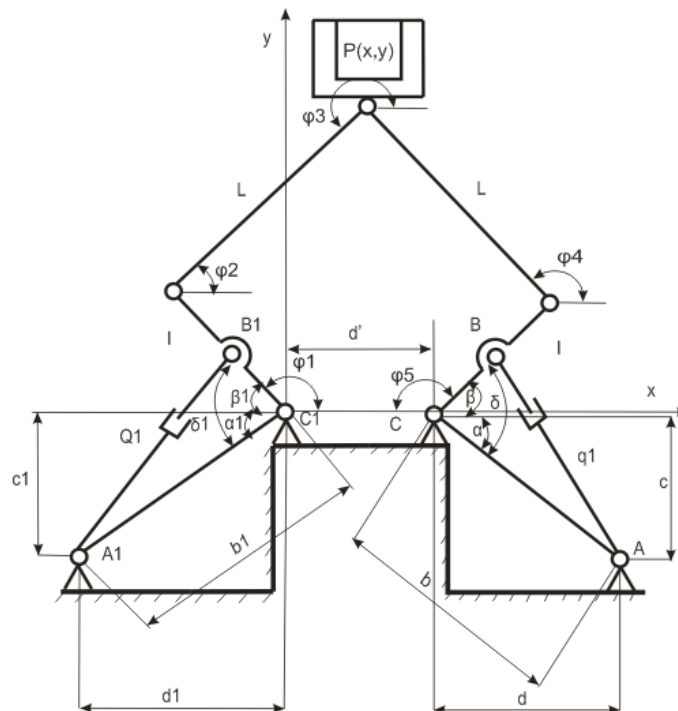
4. ábra

A piezoelektromos aktuátorok technikai adatai

A piezoelektromos aktuátorok intelligens anyagok, melyek képesek mechanikai erőt kifejteni egy bizonyos elektromos feszültség hatására. A jellegzetes elmozdulás 2-3 %, de a jelen tanulmányok kimutatták, hogy el lehet érni a hossz 1% - át is. A piezoelektromos anyagok által átalakított energia egységnyi térfogatra $(0,18-120) \cdot 10^3 \text{J/m}^3$.

3. A MECHANIZMUS KINEMATIKÁJA

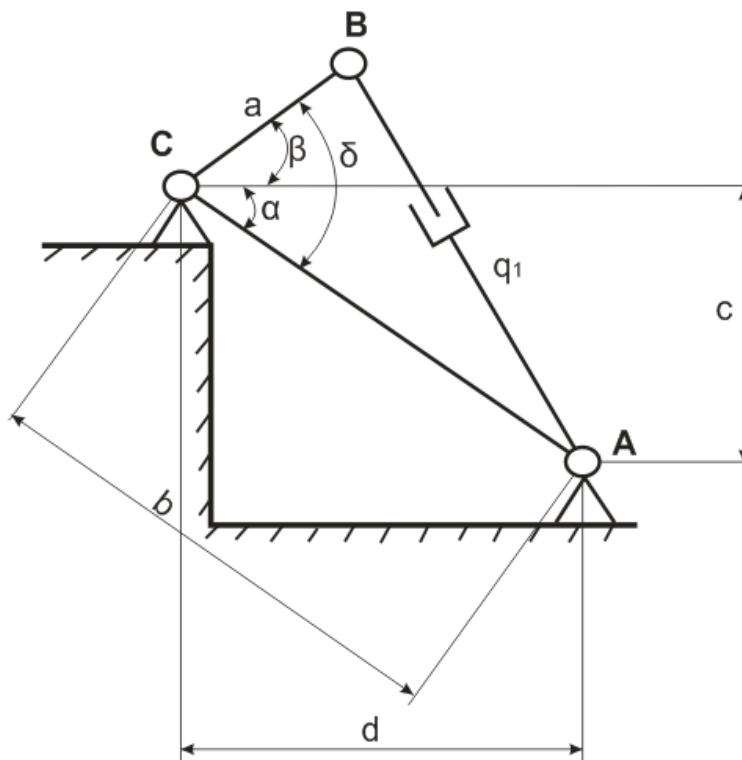
A szerkezeti felépítés a 3. ábrán látható, ahol 9 forgó és két csúszó kötés található. Szintén megtalálható a két, külön meghajtott aktuátor (q_1 și Q_1), mely meghajtja az egész szerkezetet. Ismerve a geometriai méreteket, a két motor elmozdulása szerint ki lehet számítani a végpont helyzetét $P(x,y)$.



5. ábra

A rugalmaskötésű mechanizmus kinematikai lánc

A 6. ábrán részletesen látható a liniáris motor q_1 , a kötések közötti távolságok, a felépítő elemek és a megfelelő szögek (δ , α , β).



6. ábra
A liniáris motor kinematikai láncja q_1

Felírva az általános koszinusz tételt:

$$a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos\alpha = c^2 \quad (1)$$

Ide behelyettesítve az alkalmazott jelöléseket :

$$a^2 + q_1^2 - 2 \cdot a \cdot q_1 \cdot \cos\delta = b^2 \quad (2)$$

Kifejezzük a háromszögben levő két érdekelt szöget δ és δ_1 :

$$\delta = \arccos \cdot \frac{a^2 + q_1^2 - b^2}{2 \cdot a \cdot q_1} \quad (3)$$

$$\delta_1 = \arccos \cdot \frac{a^2 + Q_1^2 - b_1^2}{2 \cdot a \cdot Q_1} \quad (4)$$

Kifejezzük a β és β_1 szögeket, melyeket a q_1 és Q_1 motorok zárnak be:

$$\alpha = \arcsin \cdot \left(\frac{c}{b}\right) \quad (5)$$

$$\alpha_1 = \arcsin \cdot \left(\frac{c_1}{b_1}\right) \quad (6)$$

$$\beta = \delta - \alpha \quad (7)$$

$$\beta_1 = \delta_1 - \alpha_1 \quad (8)$$

A végpont helyzetének meghatározásához P_x , P_y , fel kell használni a következő összefüggéseket:

$$\begin{cases} x_a = l \cdot \cos(\varphi_1) \\ y_a = l \cdot \sin(\varphi_1) \\ x_b = d + l \cdot \cos(\varphi_2) \\ y_b = l \cdot \sin(\varphi_2) \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} L^2 = (x_a - x_p)^2 + (y_a - y_p)^2 \\ L^2 = (x_b - x_p)^2 + (y_b - y_p)^2 \end{cases} \quad (10)$$

$$\begin{cases} x_p^2 + y_p^2 - 2 \cdot x_a \cdot x_p - 2 \cdot y_a \cdot y_p = L^2 - x_a^2 - y_a^2 \\ x_p^2 + y_p^2 - 2 \cdot x_b \cdot x_p - 2 \cdot y_b \cdot y_p = L^2 - x_b^2 - y_b^2 \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} aux_1 &= L^2 - x_a^2 - y_a^2 \\ aux_2 &= L^2 - x_b^2 - y_b^2 \end{aligned} \quad (12)$$

$$y_p = \frac{aux_2 - aux_1}{2(y_a - y_b)} - \frac{x_a - x_b}{y_a - y_b} x_p = aux_3 - aux_4 \cdot x_p \quad (13)$$

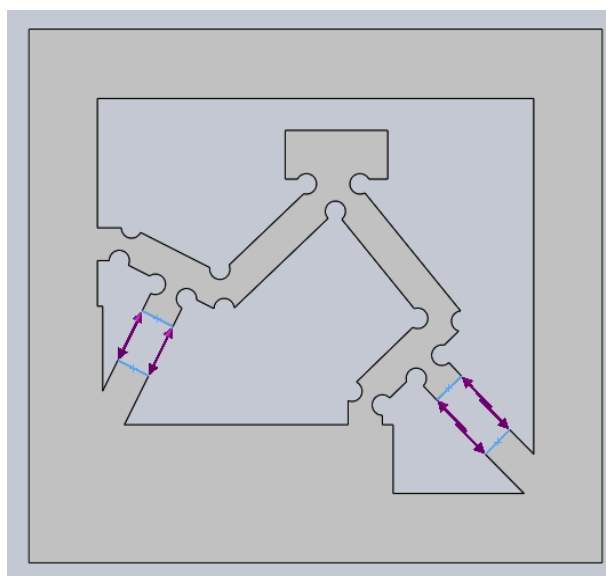
$$x_p^2 (1 + aux_4^2) + 2 \cdot x_p (y_a aux_4 - aux_3 aux_4 - x_a) + aux_3^2 - 2 y_a aux_3 - aux_1 = 0 \quad (14)$$

$$P(x)=x_p; \quad P(y)=y_p; \quad (15)$$

4. VÉGESELEMES ANALÍZIS

A végeelemes analízis (FEA - Finite Element Analysis) széles körben alkalmazott módszer, mely eltávolítja a felépítés komplexitásából eredő hátrányokat.

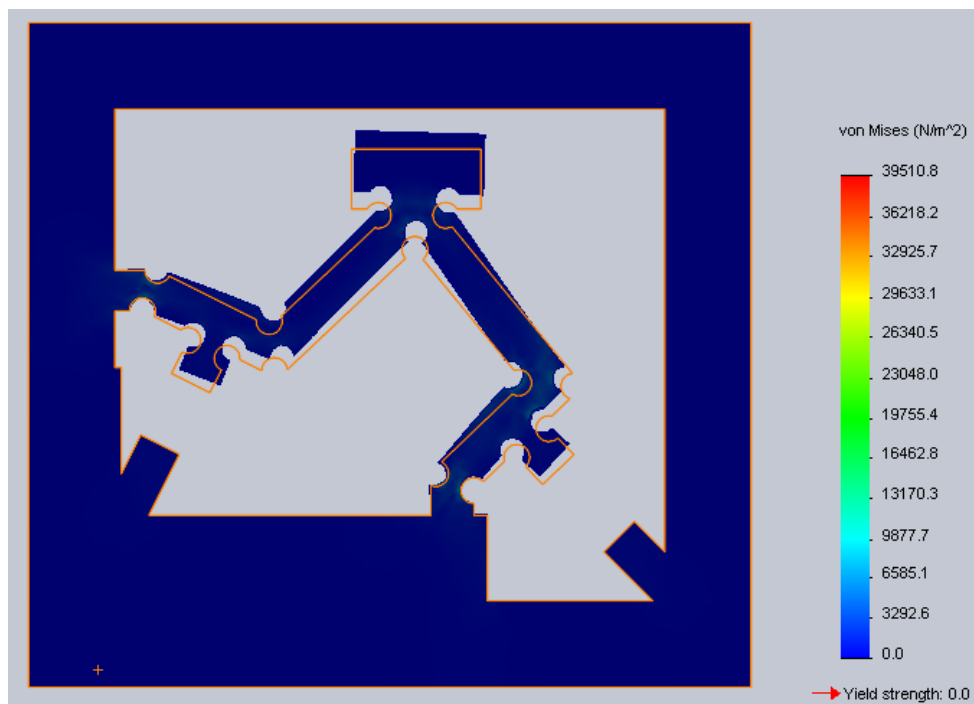
Így egy sajátos szerkezetet kapunk, melyben hat a két motor 0,1 N erővel (7. ábra).



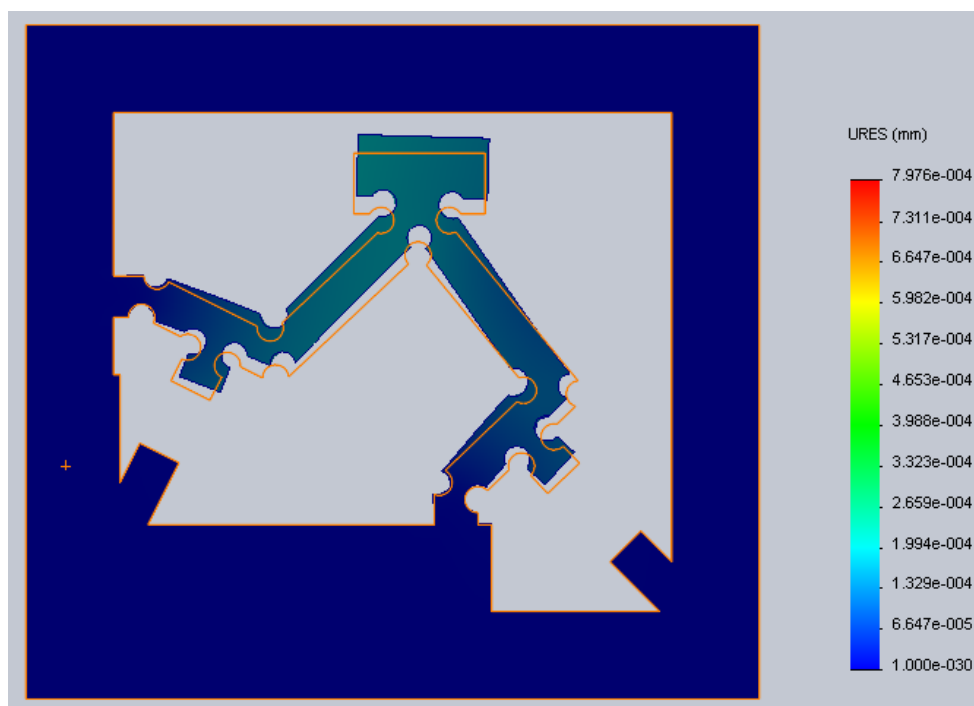
7. ábra

A pozicionáló rendszer modellezése

A rugalmas rendszer megterhelésének tanulmányozására, a modell alapján meghatároztuk a Von Mises feszültségeket (8. ábra). A 9. ábra a megfelelő elmozdulásokat szemlélteti,



8. ábra
A von Mises feszültségek



9. ábra
Az elmozdulások

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A bemutatott robot két fő követelménynek tesz eleget:

- biztosítja a hagyományos forgó kötések által elért mozgások értékét
- a szerkezet elég tömör ahhoz, hogy a külső erőket legyőzze

A felhasznált analízis megengedi a szerkezeti, kinematikai és dinamikai tényezők meghatározását.

A piezoelektromos aktuátorokat használva gyors és biztos mozgásokat lehet elérni.

A vége-selemes analízissel meg tudjuk határozni a belső feszültségeket és az elmozdulásokat.

IRODALOM

- [1] EMM Curs 2, Proiectare Integrata a Sistemelor Mecatronice, UTCN 2013.
- [2] Ispas, V., s.a., 1985, Roboti Industriali, Editura Dacia, Cluj-Napoca.
- [3] Kovacs, F., Cojocaru, G., Manipulare, Roboti si Aplicatii Industriale, Editura Facla, Timisoara, 1982;
- [3] Lobontiu Nicolae, *Compliant mechanisms : design of flexure hinges*, ISBN 0-8493-1367-8, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 2002;
- [5] Lungu, I., *Cercetări privind dezvoltarea actuatorilor liniari și rotativi pe bază de aliaje cu memoria formei, cu aplicații în sistemele de tip microfabrică*, Teza de Doctorat, Cluj-Napoca 2010;
- [6] Nenad T. Pavlovic', Nenad D. Pavlovic, *Compliant mechanism design for realizing of axial link translation, Mechanism and Machine Theory 44* (2009);
- [7] Simona NOVEANU, *Teza de doctorat, Universitatea Tehnica Cluj Napoca*, 2009;
- [8] Simona NOVEANU, Vencel CSIBI, Dan NOVEANU, Rareș CHIRA, *Cercetări privind mecanismele compliante*, National conference with international participation „nordtech 2004”;
- [9] V. Handra-Luca, *Functiile De Transmitere In Studiul Mecanismelor*, Editura Academiei.
- [10] Vistriean M., Dan M., Olimpiu T., Vencel C., *Actuatori in Mecatronica*, Editura Mediamira, Cluj-Napoca 2000.