

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00610

(22) Data de depozit: 28/09/2020

(41) Data publicării cererii:
30/03/2022 BOPI nr. 3/2022

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
MECATRONICĂ ȘI TEHNICA MĂSURĂRII -
INCDMTM BUCUREȘTI,
ȘOS.PANTELIMON NR.6-8, SECTOR 2,
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• GHEORGHE GHEORGHE, BD. LACUL TEI
NR. 109, BL. 13A, SC. C, ET. 5, AP. 104,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;
• ILIE IULIAN, STR. VALEA LUNGĂ NR.7,
BL.140, ET.2, AP.45, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO;
• CONSTANTIN ANGHEL,
STR. PREVEDERII NR.4, BL.D 8, AP.25,
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
• CONSTANTINESCU ALEXANDRU,
STR.ȚEPEȘ VODĂ, NR.75, SAT BĂLDANA,
COMUNA TĂRTĂȘEȘTI, DB, RO

(54) SISTEM COBOTIC CYBER-MIXMECATRONIC CU
STRUCTURĂ SERIE- PARALEL DE MĂSURARE
ULTRAPRECISĂ ȘI CONTROL INTELIGENT ÎN LABORATOR
ȘI INDUSTRIA DIGITALIZATĂ 4.0

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem cobotic cu structură serie-paralel pentru măsurarea ultraprecisă și controlul inteligent destinat a fi utilizat în domeniul mecatronicii. Sistemul, conform invenției, cuprinde un robot universal serial (1), care permite poziționarea directă a unui sub-sistem robotic hexapodal (2) paralel al unui efector final, care este prevăzut cu o platformă (3), un palpator 3D (4) pentru măsurarea ultraprecisă și controlul pieselor industriale de dimensiuni mici și medii, care este fixat rigid pe platformă (3), un cadru integrabil (5) și pereți protectori (6) din plastic transparent, pentru protecția procesului de poziționare, măsurare și control în spațiul de lucru, un modul de comandă și control inteligent (7), o unitate centrală PC (10), un monitor PC (11) pentru afișare software-uri și rulare programe pe unitatea centrală PC (10), și un router (12) pentru conectarea la Internet.

Revendicări: 1
Figuri: 2

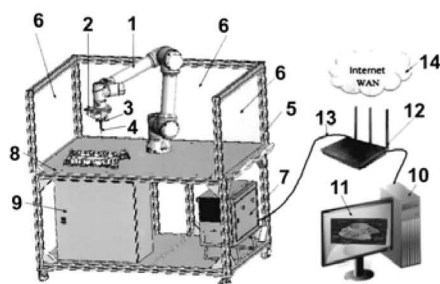


Fig. 1



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr.	a 2020 00610
Data depozit	28-09-2020

27

Sistem robotic cyber-mixmecatronic cu structură serie – paralel de măsurare ultraprecisă și control inteligent în laborator și industria digitalizată 4.0

Invenția se referă la un sistem cyber-mixmecatronic multiplicativ de tip “COBOT” din domeniul mecatronicii și mix-mecatronicii destinată laboratoarelor specializate pentru măsurări ultraprecise și/sau pe liniile de automatizate din Întreprinderea digitalizată generația 4.0. Invenția este alcătuită dintr-un un „robot universal” cu șase grade de libertate și un robot paralel tip hexapod cu șase grade de libertate, în construcție originală, formată din cele două sisteme robotice, unul de orientare globală în spațiul de lucru și unul de poziționare ultraprecisă, care realizează poziționarea și orientarea efectorului final în aplicațiile de măsurare și control inteligent care necesită o precizie foarte mare.

Este cunoscut un sistem robotizat care combină brațul efector de tip gripper al unui robot industrial universal cu o platformă hexapodală stewart (<https://www.pi-usa.us/en/tech-blog/hexapod-robots-in-automotive-applications/>) ca o sugestie de aplicație în industria de autovehicule, conceput pentru o mai bună flexibilitate în manipularea anumitor tipuri de piese specifice autovehiculelor în timpul asamblării pe o linie de fabricație automatizată. Robotul are la bază o structură serială, cu un singur lanț cinematic deschis, prin care se realizează poziționarea și orientarea efectorului final de tip gripper folosit pentru manipularea pieselor. Dezavantajul acestui sistem robotic este că domeniul de utilizare se rezumă la manipularea obiectelor neputând fi folosit pentru măsurarea de precizie și este prezentat ca o sugestie nu ca aplicație concretă.

Un alt robot bazat pe o platformă hexapodală este folosit pentru poziționarea precisă a pieselor în sistemele automatizate de microproducție (<https://www.japan-pi.com/en/applications/automation/hexapods-for-quality-assurance/>) este format dintr-un sistem robotic de poziționare micrometrică și unul de plasare și manipularea diverselor componente de mici dimensiuni ce urmează a fi asamblate pe o linie automatizată de microproducție. Dezavantajul acestui sistem robotizat este că prin construcția sa utilizarea lui se rezumă doar la poziționarea precisă într-un spațiu efectiv de lucru foarte mic și nu realizează operații de măsurare și control inteligent.

Pentru realizarea de măsurări dimensionale, este cunoscut, conform brevetului de invenție RO-125124 / 28.02.2013, un sistem mecatronic inteligent pentru măsurarea deplasărilor liniare având posibilitatea stocării și postprocesării măsurătorilor în timp real, de către unitatea informatică PC, sub formă de diverse diagrame, tabele, printuri, situații comparative pentru diverse șiruri de măsurări înregistrate. Sistemul este alcătuit dintr-un subsistem traductor fotoelectric incremental poziționat direct cu dispozitive de fixare adecvate în imediata apropiere a unui lot de piese și care măsoară microdeplasările pieselor supuse măsurării, prin conectare în vederea prelucrării semnalelor furnizate de către acesta, cu o unitate electronică de măsurare / afișare digitală, cuplată cu o unitate informatică PC care preia printr-un pachet de programe software originale, datele prelucrate, furnizate de subsistemul

Semnături solicitantă

1. Gheorghe I. Gheorghe

2. Ilie Iulian

3. Constantin V. Anghel

4. Constantinescu Alexandra

traductor fotoelectric incremental, date care sunt procesate de către unitatea informatică PC menționată, și afișate în forma dorită de operatorul uman, pe un monitor LCD, sub formă cerută de operatorul uman, prin comenzi introduse cu tastatură și un mouse cu rolă, de tip industrial, în interfață grafică a pachetului de programe software menționat. Dispozitivul, conform brevetului menționat, prezintă dezavantajul de a nu putea fi poziționat decât în 3 coordonate, de a nu detecta colaborativ prezența operatorului în spațiul de lucru ce pot afecta procesul de măsurare, control și poziționare și nu poate fi telecontrolat sau telemonitorizat.

De asemenea, pentru realizarea de măsurări dimensionale, este cunoscut, conform brevetului de invenție RO102744 / 18.11.1991, un dispozitiv mecano-electronic care realizează măsurarea automată a pieselor, dispozitiv utilizat la controlul dimensional interfazic, direct pe o mașină-unealtă echipată cu comandă numerică, dispozitiv alcătuit dintr-o parte fixă aferentă suportului capului revolver, compusă dintr-un bloc electronic în curent continuu și furnizând un semnal de frecvență determinată, transmis prin cuplaj inductiv, la un cap de palpăre, poziționat de capul revolver, semnal care este redresat pentru alimentarea în curent continuu a unui bloc electronic din imediata vecinătate a unor contacte înseriate formate din bile și niște role solidarizate cu o tijă palpatoare, bloc electronic care generează un semnal de o frecvență determinată și diferită de cea de alimentare, în funcție de poziția de repaus, respectiv piesa atinsă de tija palpatorului, semnal care este transmis înapoi la partea fixă prin același cuplaj inductiv și aplicat unui bloc electronic de prelucrare a semnalului, pe care îl transformă într-un semnal 0 logic sau 1 logic, introdus în automatul programabil al comenzii numerice a mașinii unelte. Dispozitivul, conform brevetului menționat, prezintă dezavantajul unei poziționări de mică precizie, imposibilitatea testării în flux continuu a dimensiunii pieselor și nu poate fi telecontrolat sau telemonitorizat.

Problema tehnică rezolvată cu ajutorul invenției propuse este de a realiza o platformă robotică colaborativă care permite poziționarea cu precizie nanometrică a unui palpator de măsurare dimensională prin atingerea suprafețelor unor piese/repere industriale fixate pe o masă rigidă, cu posibilitatea telecontrolului și telemonitorizării.

Robotul inteligent având o structură serial-paralelă fiind alcătuit prin combinarea unui "robot colaborativ industrial universal" cu șase grade de libertate care realizează o poziționare globală cu grad mare de flexibilitate și într-un spațiu de lucru efectiv mare a unui alt „robot tip platformă hexapod”, fixat rigid pe brațul efector a celui dintâi, și care realizează local operația de poziționare cu precizie nanometrică a traductorului de palpăre, în vederea realizării operațiilor de măsurare dimensionale și control ultraprecise. Astfel se oferă o soluție avantajoasă pentru aplicațiile din domeniul mecatronicii, cyber-mix-mecatronicii și laboratoarele de măsurări și control electronic de foarte mare precizie.

Platforma robotică combinată serial-paralel cu 11 grade de mobilitate (11DOF) (6DOF robot universal, 6DOF robot hexapodal dintre care 1DOF este comun cu al robotului universal – respectiv efectorul final), permite poziționarea în spațiu, în două etape, a efectorului final – traductorul palpator prin orientarea acestuia în tot spațiul de lucru general, în prima etapă, cu precizia de poziționare a robotului universal (0.2mm) și orientarea cu precizie nanometrică (7nm), în a doua etapă, în spațiul de lucru al robotului hexapodal (± 7 mm), în vecinătatea punctului unde se dorește măsurarea.

Semnături solicitanți

1. Gheorghe I. Gheorghe

2. Ilie Iulian

3. Constantin V. Anghel

4. Constantinescu Alexandru

Prin utilizarea unei structuri paralele specifică platformei Stewart (hexapodale) care asigură poziționarea în spațiu în două etape, așa cum s-a spus, se asigură o poziționare cu mult mai precisă (de cca 28×10^3) față de structurile seriale care poziționează traductorul de palpate cu efectul unui singur robot.

Acționarea acestui robot se face folosind un soft dezvoltat ca aplicație specifică, ce combină comenzile transmise către robotul universal cu cele specifice robotului hexapodal cu scopul de a realiza o traiectorie impusă prin stabilirea de către operator a punctelor de măsură (palpare), pe baza unui model 3D-CAD specific piesei de măsurat și controlat fixată pe masă.

Aplicația specifică acestei "platforme cobotice" și anume poziționarea ultraprecisă a traductorului de palpate/măsurare permite definirea acțiunii efective a cobotului pe o traiectorie prestabilită definită în prealabil de utilizatorul uman într-un „mod colaborativ”, robotul universal având din fabricație funcții inteligente de protecție a operatorului prin limitarea sau anularea forței de interacțiune, conform standardelor în vigoare (ISO 1389-2:2008 – nivel de performanță d(PLD) și ISO 13850:2015 – Categorie Oprire 1) privind robotii colaborativi (coboți).


Sistemul cobotic cyber mix-mecatronic, conform invenției, este alcătuit din următoarele componente sau module:

- un „Robot Universal” cu 6 grade de libertate (6DOF) (1), care permite poziționarea directă, cu precizie ridicată a unui subsistem robotic hexapodal cu 6 grade de libertate (6DOF)
- un „subsistem robotic hexapodal” cu 6 grade de libertate (6DOF) (2) prevăzut cu o platformă (3) pe care este fixat rigid un traductor de măsurare și control prin palpate care realizează o mișcare de foarte mare precizie, cu rezoluție de 7nm;
- un „palpator 3D ultraprecis” (4) pentru măsurarea și controlul pieselor industriale de dimensiuni mici și medii. Integrarea palpatorului 3D se face prin fixarea tehnologică rigidă pe platforma (3);
- „cadru integrabil” (5) pentru protecția procesului de poziționare, măsurare și control în spațiul de lucru;
- „pereți protectori” din plastic transparent (6) pentru securizarea procesului de poziționare, măsurare și control în spațiul de lucru;
- „modulul de comandă” (7) realizat din componente electronice speciale: controler pentru robotul universal - mixmecatronic în 6 coordonate (1); controler pentru robotul hexapodal - mixmecatronic în 6 coordonate (2); automate programabile – PLC, modem comunicație GPRS 4G, sursă de alimentare etc.;
- „masa de fixare” (8);
- „cofret cu circuite” de legătură și protecție la rețeaua electrică monofazată 230Vac (9).
- „unitate centrală PC” (10) pentru rulare software-uri, comanda sistemului cobotic cyber-mixmecatronic, afișarea și prelucrarea datelor rezultate din procesul de măsurare, etc.;
- „monitor PC” (11) pentru afișare și interfața cu utilizatorul;
- „router” (12) pentru conectarea la cyber-spațiul Internet WAN (14);
- „cabluri de legătură cu ruterul” (13);

Semnături solicitanți

1. Gheorghe I. Gheorghe 

2. Ilie Iulian 

3. Constantin V. Anghel 

4. Constantinescu Alexandru 

Cele mai importante avantaje pe care soluția propusă prin invenția Sistem cobotic cyber-mixmecatronic cu structură serie – paralel de măsurare ultraprecisă și control inteligent în laborator și industria digitalizată 4.0, conform invenției, sunt:

- spre deosebire de soluțiile actuale care folosesc pentru poziționare un singur sistem mecatronic/robot, combinația și integrarea cu robotul hexapodal determină o îmbunătățire majoră a preciziei de poziționare de cca 28×10^3 ;
- poziționarea efectorului final/măsurarea cu un grad de precizie foarte mare (rezoluție nanometrică) specifică robotului paralel hexapodal într-un spațiu de lucru mare, specific robotului serial, universal;
- utilizarea de la distanță a sistemului cobotic realizat atât în laborator cât și în industria digitală prin funcțiile de telecontrol și telemonitorizare îndeplinite prin intermediul router-ului (11) care permite conectarea la cyber spațiul Internet WAN;
- creșterea considerabilă a numărului de măsurări ultraprecise în timp real;
- reducerea majoră a timpilor de lucru, prin eliminarea unor operații intermediare care se efectuează la măsurătorile cu o astfel de precizie;
- este un sistem cyber-mixmecatronic inteligent având posibilitatea stocării și postprocesării măsurătorilor în timp real, de către unitatea PC locală sau de la distanță, sub formă de diverse diagrame, tabele, printuri, statistici comparative, etc.;
- având o structură cyber-mixmecatronică modulară, sistemul cobotic prezentat aici asigură un comportament optim din punct de vedere al: vitezelor, accelerațiilor, rigidității, maselor în mișcare, preciziei foarte mari de poziționare și de măsurare inteligentă, de ordinul a $10^{-2} \mu\text{m}$;
- funcția colaborativă permite integrarea fără alte sisteme de siguranță suplimentare în laboratoarele de metrologie și control inteligent de foarte mare precizie cat și pe liniile de fabricație din întreprinderile digitalizate.

Se prezintă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu figurile 1 și 2 care reprezintă:

- Figura nr.1 - sistem cobotic cyber-mixmecatronic cu structură serie – paralel de măsurare ultraprecisă și control inteligent în laborator și industria digitalizată 4.0, conform invenției;
- Figura nr.2 - schema cinematică globală a sistemului cobotic, care rezultă din configurația structurală, conform invenției;

Palpatorul 3D ultraprecis (3) este fixat tehnologic rigid pe platforma (3) fiind conectat la propriul modul electronic cu microcontroler și la propriul modul electronic de comunicație cu modulul de comandă și control (7), conectat la unitatea centrală PC (10); palpatorul 3D ultraprecis realizează măsurările reperelor, fiind poziționat de mișcarea ultraprecisă a platformei (3); Ansamblul cobotic (1) și (2) este fixat pe masa (8) incastrată în cadrul integrabil (5) prin elemente de prindere pe care se află fixată, de asemenea, piesa de măsurat/controlat exemplificată prin (13); Unitatea centrală PC (10), rulează programele software special concepute pentru comandă și control inteligent și alte soft-uri dedicate prelucrărilor și analizelor complexe; Router-ul (12) permite conectarea la cyber-spațiul Internet WAN,

Semnături solicitanți

1. Gheorghe I. Gheorghe

2. Ilie Iulian

3. Constantin V. Anghel

4. Constantinescu Alexandru

permițând controlul sistemului cobotic cyber-mixmecatronic de la distanță, asigurând funcțiile de telecomandă și telemonitorizare; Componentele electronice de tip controllere, automate programabile PLC, modem, surse de alimentare, cabluri electrice, etc. sunt montate în modulul de comandă și control (7); Tot solidar cu cadrul integrabil (5) este fixat și un cofret cu circuite de legătură și protecție la rețeaua electrică monofazată 230Vac (9).

Sistemul cobotic cyber-mixmecatronic cu structură serie – paralel de măsurare ultraprecisă și control inteligent în laborator și industria digitalizată 4.0, conform invenției, permite obținerea următoarelor caracteristici:

- repetabilitate fină, ultraprecisă, a efectorului final X,Y (7nm), Z (20nm);
- repetabilitate poziționării globale (0.1mm);
- rezoluția axei de rotație a efectorului final $\theta_x, \theta_y, \theta_z$ (0.9 μ rad);
- repetabilitate fină, ultraprecisă la rotația efectorului final θ_x (± 20 μ rad);
- repetabilitate fină, ultraprecisă la rotația efectorului final θ_y (± 10 μ rad);
- repetabilitate fină, ultraprecisă la rotația efectorului final θ_z (± 6 μ rad);
- raza spațiului de lucru global efectiv (500mm);
- deplasarea fină ultraprecisă X,Y (± 7 mm);
- deplasarea fină ultraprecisă Z (± 5 mm);
- Temperatura mediului ambiant de lucru (0 \div 50°C);
- Puterea consumată (150W);
- Funcții colaborative (15 funcții avansate de siguranță aprobate TÜV NORD și testate conform standardului EN ISO 13849:2008 PL d);

Semnături solicitanți

1. Gheorghe I. Gheorghe

2. Ilie Iulian

3. Constantin V. Anghel

4. Constantinescu Alexandru

REVENDNICĂRI

Sistem cobotic cyber-mixmecatronic cu structură serie – paralel de măsurare ultraprecisă și control inteligent în laborator și industria digitalizată 4.0, destinat pentru măsurări de foarte mare precizie și poziționări ultraprecise a efectorului final (traductor) **caracterizat prin aceea că** are în alcătuire: o combinație integrată structurală și mix-funcțională a unei platforme inteligente tip COBOT alcătuită dintr-un robot universal serial (1) care permite poziționarea directă, cu precizia proprie (de 0.1mm) a unui subsistem robotic hexapodal (2) pentru poziționarea cu foarte mare precizie a efectorului final (traductor de măsurare/palpare) ce permite măsurarea și controlul inteligent al pieselor industriale de dimensiuni mici și medii. Integrarea palpatorului 3D se face prin fixarea tehnologică rigidă pe platforma (3); palpator 3D ultraprecis (4); cadru integrabil (5) pentru protecția procesului de poziționare și măsurare în spațiul de lucru; pereți protectori din plastic transparent (6) pentru securizarea procesului de poziționare, măsurare și control inteligent în spațiul de lucru; modul de comandă și control electronic (9) realizat din componente electronice speciale: controler pentru robotul universal - mixmecatronic în 6 coordonate, controler pentru robotul hexapodal - mixmecatronic, automate programabile – PLC, modem comunicație GPRS 4G/5G, sursă de alimentare etc.; unitate centrală PC (10) pentru rulare software-uri, comanda subsistemului cobotic cyber-mixmecatronic; monitor PC (11) pentru afișare software-uri și rulare programe necesare procesului de poziționare, măsurare și prelucrare; router (12) pentru conectarea la cyber spațiu Internet; reprezintă o combinație și integrare cinemato-structurală și mix-funcțională a platformei inteligente tip COBOT; are adaptabilitate originală constructiv-funcțională pentru procese tehnologice high-tech de măsurare, control inteligent, telemonitorizare, telecontrol și teleservice; implementează o soluție mix-constructivă holonică a sistemului cobotic cyber-mixmecatronic (robot universal & robot colaborativ – spațiu cibernetic – centru de telecontrol, telemonitorizare și teleservice) ; conține integrabilitatea know-how-ului de comandă, operare și telemăsurare & telecontrol;

Semnături solicitanți

1. Gheorghe I. Gheorghe



2. Ilie Iulian



3. Constantin V. Anghel



4. Constantinescu Alexandra



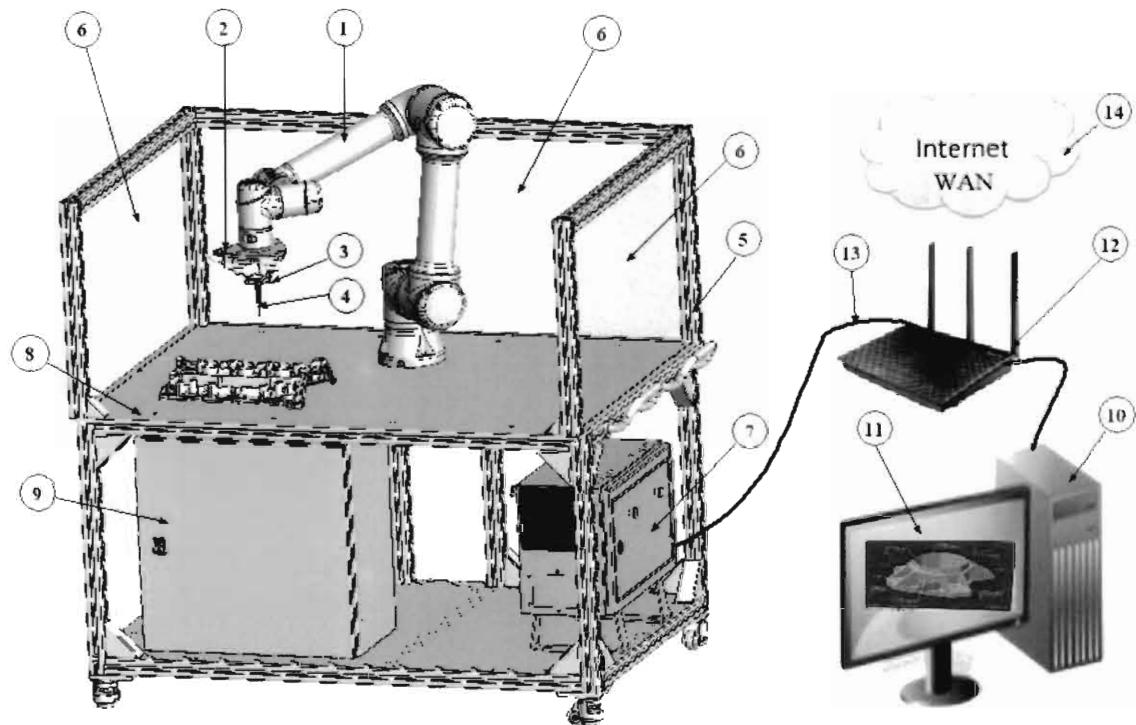


Figura nr. 1

Semnături solicitanți

1. Gheorghe I. Gheorghe

2. Ilie Iulian

3. Constantin V. Anghel

4. Constantinescu Alexandru

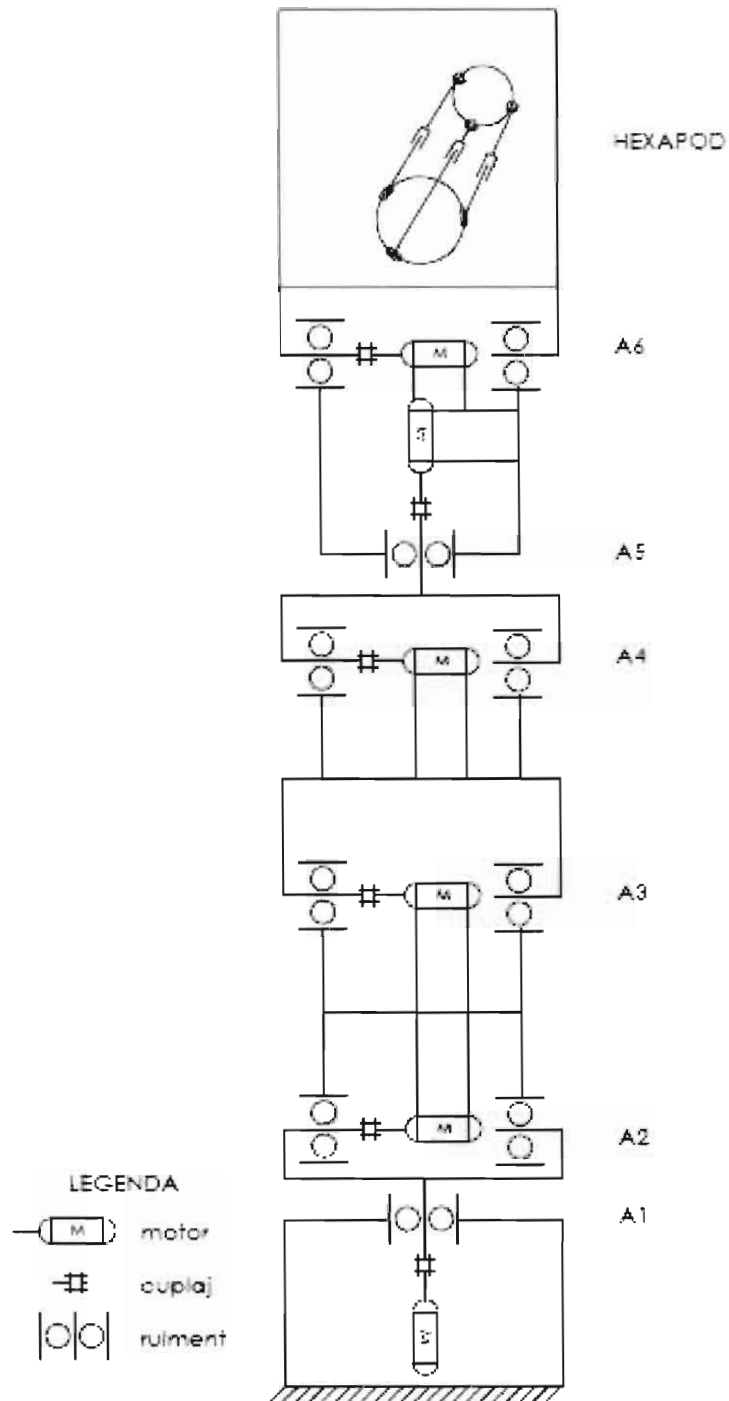


Figura nr. 2

Semnături solicitanți

1. Gheorghe I. Gheorghe

2. Ilie Iulian

3. Constantin V. Anghel

4. Constantinescu Alexandru