

(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2011 00234

(22) Data de depozit: 17.03.2011

(41) Data publicării cererii:
30.03.2015 BOPi nr. 3/2015

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN
CLUJ-NAPOCA, STR. MEMORANDUMULUI
NR.28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(72) Inventatori:
• PLITEA NICOLAE, STR. MOISE NICOARĂ
NR.18, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;
• PIȘLA DOINA LIANA, STR. HAȚEG
NR.26/7, CLUJ NAPOCA, CJ, RO;
• VAIDA LIVIU CĂLIN, STR. TEILOR NR.10,
SC.2, AP.21, FLOREȘTI, CJ, RO;
• LESE DORIN BOGDAN, STR. DOINEI,
BL. TL6, SC. B, AP. 18, TÎRGU LĂPUȘ, MM,
RO;

• KONYA BOGDAN, STR. SCORȚARILOR
NR. 12-24, AP.5, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;
• DADĂRLAT RAREȘ, ALEEA LACULUI,
BL. 8, AP., 8, SEBEȘ, AB, RO;
• SCURTU IACOB LIVIU, COMUNA BACIU
NR.386A, AP.35, BACIU, CJ, RO;
• SABOU CARMEN, STR. VALEA MITII
NR. 12, ZALĂU, SJ, RO

(74) Mandatar:
CABINET DE PROPRIETATE
INDUSTRIALĂ CIUPAN CORNEL,
STR. MESTECENILOR NR. 6, BL. 9E, AP. 2,
CLUJ NAPOCA, JUDEȚUL CLUJ

(54) FAMILIE DE ROBOȚI PARALELI CU ȘASE GRADE DE MOBILITATE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o familie de roboți paraleli, cu șase grade de mobilitate, ce realizează poziționarea și orientarea în spațiul cartezian. Familia conform invenției este constituită din trei lanțuri cinematice care fac legătura între o platformă (13) fixă și o platformă (20) mobilă, prin intermediul unor brațe (17, 18 și 19) orizontale, fiecare lanț cinematic având un motor (1) rotativ ce rotește un arbore (7) canelat pe care este fixat un braț (14) orizontal care se rotește odată cu arborele (7) canelat, și un motor (4) liniar care acționează tot asupra brațului (14) orizontal și care se deplasează pe o cale (10) de rulare, motorul (4) liniar având o bucșă în care este dispus și brațul (14) orizontal care nu are caneluri, permițând astfel rotația arborelui (7) independent de motorul (4) liniar, între brațele (14 și 17) orizontale fiind dispusă o cuplă de rotație pasivă, iar între brațul (17) orizontal și platforma (20) mobilă fiind plasată o cuplă sferică.

Revendicări: 8
Figuri: 22

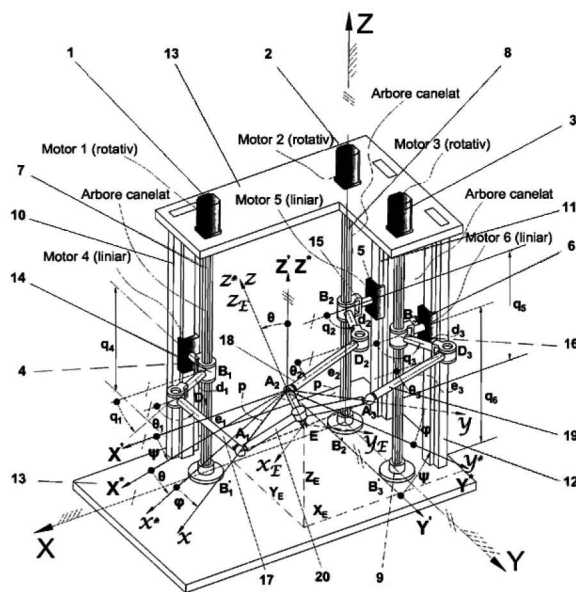
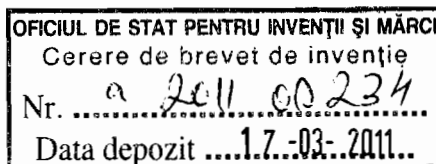


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).





Familie de roboți paraleli cu șase grade de mobilitate

Invenția se referă la o familie de roboți paraleli cu șase grade de mobilitate care realizează poziționarea și orientarea platformei (sau efectorului final). Familia de roboți cu șase grade de mobilitate, cu structură paralelă integrează patru structuri de bază cu două și trei lanțuri cinemate, din care se vor obține structuri noi prin aplicarea unor constrângeri.

Față de structurile seriale, roboții cu structură paralelă aduc mari avantaje, având un comportament mai bun, prin atingerea unor viteze și accelerații superioare la nivelul efectorului final. De asemenea, prin plasarea motoarelor (cuplelor active) pe nivelele 1 și 2 (nivelul 1 reprezentând batiul) masele în mișcare sunt mult mai mici, ceea ce conduce la un comportament dinamic mai bun al structurilor paralele. În domeniul aplicațiilor care presupun mișcări foarte mici, micro-poziționări sau micro-asamblări utilizarea acestor structuri aduce mari avantaje datorită rigidității crescute față de soluțiile clasice, ceea ce oferă precizia necesară aplicației fără să necesite bucle complexe de reglaj sau compensare a erorilor.

Primele trei structuri de bază din invenție sunt structuri reconfigurabile. Reconfigurabilitatea reprezintă o schimbare a caracteristicilor robotului în timpul procesului tehnologic. Prin caracteristici se înțelege spațiul de lucru, numărul gradelor de mobilitate, modul de realizare al mișcărilor, etc. Reconfigurabilitatea poate fi statică sau dinamică, prima impunând oprirea robotului pentru reconfigurare, a doua fiind realizată în timpul mișcării. Structurile prezentate sunt static reconfigurabile, din structurile de bază fiind obținute structuri noi, cu mai puține grade de mobilitate prin înlocuirea unor cuple active (motoare) cu cuple pasive, și realizarea unor legături.

Acționarea acestor structuri se face cu ajutorul unor motoare rotative, poziționate pe batiul robotului și motoare liniare care se deplasează pe căi de rulare fixe, care pot fi considerate ca părți componente ale batiului, astfel reducându-se la minimum numărul și greutatea elementelor aflate în mișcare.

Se prezintă în continuare mai multe figuri care exemplifică modul de realizare al invenției:

- figura 1 – reprezintă schema cinematică a unui robot paralel reconfigurabil cu șase grade de mobilitate și trei lanțuri de ghidare a platformei, intitulat Recrob, având cuplele active $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6$;
- figura 2 – reprezintă schema cinematică a unei structuri cu cinci grade de mobilitate, obținută prin impunerea unei constrângeri, $q_5 = q_6$, asupra structurii Recrob, prin înlocuirea cuplei active q_6 cu o cuplă pasivă de translație și introducerea unui element de legătură între cupla activă q_5 și noua cuplă pasivă, care să asigure constrângerea impusă;
- figura 3 – reprezintă schema cinematică a unei structuri cu patru grade de mobilitate, obținută prin impunerea unei constrângeri, $q_4 = q_5 = q_6$, asupra structurii Recrob, prin înlocuirea cuplelor active q_4 și q_6 cu cuple pasive de translație și introducerea unui element de legătură între cupla activă q_5 și cuplele pasive, care să asigure constrângerea impusă;
- figura 4 – reprezintă schema cinematică a unei structuri spațiale cu trei grade de mobilitate, cu orientare constantă a platformei mobile, obținută prin impunerea a două constrângeri, $q_4 = q_5 = q_6$, și $q_2 = q_3$ asupra structurii Recrob, prin înlocuirea cuplelor active q_4 și q_6 cu cuple pasive de translație, transformarea cuplei active q_3 în cuplă pasivă și introducerea a două elemente de legătură, primul între cupla activă q_5 și cuplele pasive de translație, și al doilea care să asigure constrângerea $q_2 = q_3$;
- figura 5 – reprezintă o a doua variantă de reconfigurare a structurii Recrob într-un robot cu trei grade de mobilitate, de această dată plan, în care constrângerea impusă blochează cuplele de translație $q_4 = q_5 = q_6 = z_0$, care devin astfel fixe, prin introducerea unui element de blocare a mișcării cuplelor de translație, care le va și menține la același nivel;
- figura 6 – reprezintă schema cinematică a unei structuri plane cu două grade de mobilitate, cu orientarea constantă a platformei, în care se aplică o primă constrângere care blochează cuplele de translație $q_4 = q_5 = q_6 = z_0$, care devin astfel fixe, și o a doua constrângere, în care $q_2 = q_3$ prin transformarea cuplei active q_3 în cuplă pasivă și introducerea unui element de legătură care să asigure constrângerea $q_2 = q_3$;
- figura 7 – reprezintă schema cinematică a unui robot paralel reconfigurabil cu șase grade de mobilitate și trei lanțuri de ghidare a platformei, acționat cu motoare liniare, având cuplele active $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6$;
- figura 8 – reprezintă schema cinematică a unei structuri cu cinci grade de mobilitate, obținută prin impunerea unei constrângeri, $q_5 = q_6$, asupra structurii de bază din figura 7,

- prin înlocuirea cuplei active q_6 cu o cuplă pasivă de translație și introducerea unui element de legătură între cupla activă q_5 și noua cuplă pasivă, care să asigure constrângerea impusă;
- figura 9 – reprezintă schema cinematică a unei structuri cu patru grade de mobilitate, obținută prin impunerea unei constrângeri, $q_4 = q_5 = q_6$, asupra structurii de bază din figura 7, prin înlocuirea cuplelor active q_4 și q_6 cu cuple pasive de translație și introducerea unui element de legătură între cupla activă q_5 și cuplele pasive, care să asigure constrângerea impusă;
 - figura 10 – reprezintă schema cinematică a unei structuri spațiale cu trei grade de mobilitate, cu orientare constantă a platformei mobile, obținută prin impunerea a două constrângeri, $q_4 = q_5 = q_6$, și $q_2 = q_3$ asupra structurii de bază din figura 7, prin înlocuirea cuplelor active q_4 și q_6 cu cuple pasive de translație, transformarea cuplei active q_3 în cuplă pasivă și introducerea a două elemente de legătură, primul între cupla activă q_5 și cuplele pasive de translație, și al doilea care să asigure constrângerea $q_2 = q_3$;
 - figura 11 – reprezintă o a doua variantă de reconfigurare a structurii de bază din figura 7 într-un robot cu trei grade de mobilitate, de această dată plan, în care constrângerea impusă blochează cuplele de translație $q_4 = q_5 = q_6 = z_0$, care devin astfel fixe, prin introducerea unui element de blocare a mișcării cuplelor de translație, care le va și menține la același nivel;
 - figura 12 – reprezintă schema cinematică a unei structuri plane cu două grade de mobilitate, cu orientarea constantă a platformei, în care se aplică o primă constrângere care blochează cuplele de translație $q_4 = q_5 = q_6 = z_0$, care devin astfel fixe, și o a doua constrângere, în care $q_2 = q_3$ prin transformarea cuplei active q_3 în cuplă pasivă și introducerea unui element de legătură care să asigure constrângerea $q_2 = q_3$;
 - figura 13 – reprezintă schema cinematică a unei structuri reconfigurabile cu șase grade de mobilitate și două lanțuri cinematice de ghidare, care utilizează patru cuple active de translație și două de rotație pentru poziționarea și orientarea punctului caracteristic E;
 - figura 14 – prezintă o variantă de reconfigurare a structurii cu șase grade de mobilitate din figura 13, în care se elimină motorul rotativ al celui de-al doilea lanț cinematic, obținându-se astfel o structură cu cinci grade de mobilitate;
 - figura 15 – prezintă o variantă de reconfigurare a structurii din figura 13 unde prin eliminarea a două cuple active rezultă o structură cu patru grade de mobilitate ce permite

poziționarea punctului E în spațiu și orientarea acestuia în jurul axei proprii (paralele cu axa OZ);

- figura 16 – reprezintă o variantă de reconfigurare în care se utilizează doar un singur lanț cinematic, obținându-se o structură cu trei grade de mobilitate;
- figura 17 – reprezintă o variantă de realizare a unei structuri plane cu două grade de mobilitate, cu un singur lanț cinematic unde motorul liniar inferior este înlocuit cu o cuplă fixă poziționată la o anumită cotă pe axa Z;
- figura 18 – reprezintă o variantă de realizare a unei structuri plane cu două grade de mobilitate, cu două lanțuri cinematice simetrice, unde motoarele inferioare sunt înlocuite cu cuple fixe, iar motoarele rotative sunt înlocuite cu cuple pasive de rotație care execută rotații în jurul arborelui de ghidare;
- figura 19 – reprezintă o altă variantă de realizare a unei structuri plane cu două grade de mobilitate obținută prin reconfigurarea structurii de bază din figura 13, în care un lanț cinematic nu are cuple active, ambele structuri având cuplele inferioare fixate la o anumită cotă pe Z, și asigurându-se constructiv mișcarea identică a celor două lanțuri cinematice prin constrângeri geometrice;
- figura 20 – reprezintă o structură cu șase grade de mobilitate și trei lanțuri cinematice simetrice de ghidare ale platformei, care utilizează pentru poziționarea platformei mobile trei module plane cu două grade de mobilitate, având cuplele active poziționate pe nivelele 1 și 2 față de platforma mobilă;
- figura 21 – reprezintă o primă variantă de transformare a structurii din figura 20 urmărindu-se poziționarea tuturor cuplelor active pe batiul robotului, și utilizarea unor cuple pasive de translație la nivelul fiecărui lanț cinematic;
- figura 22 – reprezintă o a doua variantă de transformare a structurii din figura 20, prin poziționarea tuturor cuplelor active pe batiul structurii, utilizându-se, de această dată cuple pasive de rotație la nivelul fiecărui lanț cinematic.

Robotul paralel reconfigurabil Recrob

Prima structură de bază din cadrul invenției este prezentată în figura 1. Ea reprezintă un robot paralel reconfigurabil cu șase grade de mobilitate și trei lanțuri de ghidare a platformei, intitulat Recrob, având cuplele active $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6$. Cele trei lanțuri sunt simetrice, fiecare având în componența sa un motor de rotație, și unul de translație care reprezintă cuplele active ale fiecărui lanț cinematic.

Astfel, structura unui lanț cinematic cuprinde: motorul rotativ – 1 realizând rotația q_1 , motorul liniar – 4 realizând translația q_4 ; arborele canelat -7; calea de rulare – 10, brațul orizontal – 14, brațul orizontal – 17. Lanțurile cinematice fiind identice, pentru lanțurile cinematice doi și trei se introduc notațiile după cum urmează:

lanțul cinematic 2: motor rotativ – 2 care realizează rotația q_2 , motor liniar – 5 care realizează translația q_5 ; arborele canelat - 8; calea de rulare – 11; brațul orizontal – 15, brațul orizontal – 18;

lanțul cinematic 3: motor rotativ - 3 care realizează rotația q_3 , motor liniar – 6 care realizează translația q_6 ; arborele canelat -9; calea de rulare – 12, brațul orizontal – 16, brațul orizontal – 19.

Cele trei lanțuri cinematice fac legătura între platforma fixă - 13 și platforma mobilă cu cuple sferice – 20, prin intermediul brațelor orizontale 17, 18 și 19.

Funcționarea fiecărui lanț cinematic va fi descrisă pe elementele primului, și este după cum urmează: motorul rotativ 1 învârte arborele canelat 7 pe care este fixat brațul orizontal 14 acesta rotindu-se o dată cu arborele. Tot asupra brațului orizontal 14 acționează și motorul liniar 4 care se deplasează pe calea de rulare 10. Motorul liniar conține o bucsă în care intră și brațul orizontal 14 care însă nu are caneluri, permițând astfel rotația arborelui canelat 7 independent de motorul liniar 1. Între brațele orizontale 14 și 17 există o cuplă de rotație pasivă, iar între brațul orizontal 17 și platforma mobilă 20 se află o cuplă sferică.

Această funcționare se extinde în mod identic la cele trei lanțuri cinematice ale robotului, și prin mișcarea combinată a celor șase motoare, trei rotative și trei liniare se asigură poziționarea și orientarea platformei mobile în spațiul cartezian. Cele trei lanțuri cinematice sunt dispuse în forma unui triunghi dreptunghic, în care $B_1' B_2' \perp B_2' B_3'$.

Pe baza schemei cinematice din figura 1, se poate determina gradul de mobilitate al robotului, cu formula cunoscută:

$$M = (6 - F) \cdot N - (5 - F) \cdot C_5 - (4 - F) \cdot C_4 - (3 - F) \cdot C_3 - (2 - F) \cdot C_2 - (1 - F) \cdot C_1$$

Unde:

- M – gradul de mobilitate al mecanismului paralel;
- F – familia mecanismului – numărul de mișcări blocate comune pentru toate elementele

- mecanismului;
- N – numărul de elemente mobile;
- C_i - numărul de cuple de clasa i.

Pentru structura cinematică din figura 1, se definesc următorii parametrii:

$$N = 7, C_5 = 3, C_4 = 3, C_3 = 3$$

Rezultă astfel:

$$M = 6 \cdot 7 - 5 \cdot 3 - 4 \cdot 3 - 3 \cdot 3 = 6$$

Astfel se validează faptul că structura cinematică are șase grade de mobilitate la nivelul platformei mobile.

Pentru a putea defini modurile de reconfigurare ale structurii prezentate în figura 1, trebuie descris modul de definire al gradelor de mobilitate ale structurii. La nivelul platformei mobile se definește punctul E, ca fiind punctul caracteristic al efectorului final. Prin intermediul celor 6 motoare ale structurii (1, 2, ..., 6) se pot defini coordonatele punctului E în spațiu, X_E, Y_E, Z_E , precum și orientarea acestuia, în raport cu un sistem de referință mobil xyz , cu originea în A_2 . Se definește un sistem mobil $A_2X'Y'Z'$ cu axele respectiv paralele cu sistemul fix OXYZ. Rotațiile platformei mobile se vor realiza pe conform unghiurilor lui Euler în configurația $Z^*Y^*z^*$, cu cele trei rotații după cum urmează:

- 1- Rotație cu ψ în jurul axei Z' care face trecerea de la sistemul de coordonate $A_2X'Y'Z'$ la $A_2X^*Y^*Z^*$;
- 2- Rotație cu θ în jurul axei Y^* care face trecerea de la sistemul de coordonate $A_2X^*Y^*Z^*$ la $A_2x^*y^*z^*$;
- 3- Rotație cu φ în jurul axei z^* care face trecerea de la sistemul de coordonate $A_2x^*y^*z^*$ la A_2xyz .

Astfel pentru structura de bază există șase coordonate active $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6$, care determină valorile celor 6 parametri ai punctului E - $X_E, Y_E, Z_E, \psi, \theta, \varphi$.

S-au prezentat aceste considerații teoretice, deoarece prin reconfigurarea structurii în structuri cu 5, 4, 3 și 2 grade de mobilitate vor fi suprimate mișcări de-a lungul axelor definite în cazul structurii de bază.

Figurile 2 – 6 vor prezenta variante de reconfigurare ale structurii de bază prin aplicarea unor constrângeri geometrice, prin care vor rezulta structuri noi, cu un număr mai mic de grade de mobilitate.

17

Astfel figura 2 prezintă o variantă de reconfigurare a structurii de bază, Recrob, care are cinci grade de mobilitate, asupra ei aplicându-se constrângerea geometrică $q_5 = q_6$. Pentru aceasta cupla activă q_6 devine cuplă pasivă și în construcție motorul liniar 6 se înlocuiește cu elementul liniar 21, care execută o mișcare liniară pasivă pe calea de rulare. Elementul liniar 21 este conectat la motorul liniar 5 printr-o tijă care asigură astfel constrângerea geometrică $q_5 = q_6$. În acest fel, la nivelul punctului E vor exista cinci grade de mobilitate, rotația a treia, cu φ în jurul axei z^* fiind suprimată. Astfel pentru structura din figura 2 există cinci coordonate active q_1, q_2, q_3, q_4, q_5 , care determină valorile celor 5 parametri ai punctului E - $X_E, Y_E, Z_E, \psi, \theta$.

Astfel figura 3 prezintă o variantă de reconfigurare a structurii de bază, Recrob, care are patru grade de mobilitate, asupra ei aplicându-se constrângerea geometrică $q_4 = q_5 = q_6$. Pentru aceasta cuplele active q_4 și q_6 devin cuple pasive și în construcție motoarele liniare 4 și 6 se înlocuiesc cu elementele liniare 21 și 22, care execută o mișcare liniară pasivă pe căile de rulare 10 și 12. Elementele liniare 21 și 22 sunt conectate la motorul liniar 5 prin câte o tijă care asigură astfel constrângerea geometrică $q_4 = q_5 = q_6$. În acest fel, la nivelul punctului E vor exista patru grade de mobilitate, trei translații, și rotația proprie, cu φ în jurul axei Z' . Astfel pentru structura din figura 3 există patru coordonate active q_1, q_2, q_3, q_4 , care determină valorile celor 4 parametri ai punctului E - X_E, Y_E, Z_E, φ .

Figurile 4 și 5 prezintă două variante de reconfigurare ale robotului Recrob în structuri cu trei grade de mobilitate. Figura 4 reprezintă o structură spațială cu orientarea constantă a platformei mobile. Pentru a obține această configurație, se aplică următoarele constrângeri:

1- $q_4 = q_5 = q_6$; Acest lucru se obține constructiv astfel: cuplele active q_4 și q_6 devin cuple pasive și în construcție motoarele liniare 4 și 6 se înlocuiesc cu elementele liniare 21 și 22, care execută o mișcare liniară pasivă pe căile de rulare 10 și 12. Elementele liniare 21 și 22 sunt conectate la motorul liniar 5 prin câte o tijă care asigură astfel constrângerea geometrică $q_4 = q_5 = q_6$;

2- $q_2 = q_3$; Acest lucru se obține prin eliminarea motorul rotativ 3, și introducerea unui element de legătură, 23, între cuplele de rotație dintre perechile de brațele orizontale 15 – 18 și 16 – 19 care va crea astfel paralelogramele $B_2D_2B_3D_3$ și $A_2D_2A_3D_3$. Astfel prin acționarea motoarelor rotative 1 și 2 se va realiza poziționarea în planul $x_{A_2}y$ a punctului E, având orientarea constantă, în timp ce motorul liniar 5 va asigura deplasarea pe axa z. Astfel pentru structura din figura 4 există trei coordonate active q_1, q_2, q_3 , care determină valorile celor 3 parametri ai punctului E - X_E, Y_E, Z_E .

Figura 5 reprezintă o structură plană cu trei grade de mobilitate permițând poziționarea și orientarea platformei mobile într-un plan paralel cu planul fix OXY. Pentru a obține această configurație, din configurația de bază din figura 1, se aplică următoarea constrângere:

$q_4 = q_5 = q_6 = z_0$; Acest lucru se obține constructiv astfel: cuplele active q_4 , q_5 și q_6 devin cuple pasive și în construcție motoarele liniare 4, 5 și 6 se fixează la aceeași cotă pe axa Z a planului OXYZ, dimensiune notată cu z_0 , unde elementul de fixare este notat cu 24. Astfel prin acționarea motoarelor rotative 1, 2 și 3 se va realiza poziționarea și orientarea în planul $x_A y_A$ a punctului E. Astfel pentru structura din figura 3 există trei coordonate active q_1, q_2, q_3 , care determină valorile celor 3 parametri ai punctului E - X_E, Y_E, φ .

În figura 6 se prezintă o structură plană cu orientarea constantă a platformei mobile, care se menține într-un plan paralel cu planul fix OXY. Pentru a obține această configurație, din configurația de bază din figura 1, se aplică următoarele constrângeri:

1. $q_4 = q_5 = q_6 = z_0$; Acest lucru se obține constructiv astfel: cuplele active q_4 , q_5 și q_6 devin cuple pasive și în construcție motoarele liniare 4, 5 și 6 se fixează la aceeași cotă pe axa Z a planului OXYZ, dimensiune notată cu z_0 ; elementul de fixare s-a notat cu 24;
2. $q_2 = q_3$; Acest lucru se obține prin eliminarea motorul rotativ 3, și introducerea unui element de legătură, 23, între cuplele de rotație dintre perechile de brațele orizontale 15 – 18 și 16 – 19 care va crea astfel paralelogramele $B_2 D_2 B_3 D_3$ și $A_2 D_2 A_3 D_3$.

Au fost prezentate astfel 5 variante constructive de roboți cu diferite configurații și grade de mobilitate, derivate dintr-o structură de bază, prezentată în figura 1. Trecerea de la o configurație la alta se poate face și progresiv, adăugând constrângeri suplimentare sau aplicând direct setul de constrângeri prezentat pe structura de bază.

Se obțin astfel structuri optimizate pentru diferite aplicații asigurând o funcționare optimă și un cost optim în exploatare.

Robotul paralel reconfigurabil cu șase grade de mobilitate acționat cu motoare liniare

A doua structură de bază din cadrul invenției este prezentată în figura 7. Ea reprezintă un robot paralel reconfigurabil cu șase grade de mobilitate și trei lanțuri de ghidare a platformei, având cuplele active $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6$, reprezentate toate de motoare liniare. Cele trei lanțuri cinematice sunt simetrice, fiecare având în componența sa două motoare de translație care reprezintă cuplele active ale fiecărui lanț cinematic.

Astfel, structura primului lanț cinematic cuprinde: motorul liniar – **1a** realizând translația q_1 , bucușă – **3a** care se deplasează împreună cu motorul liniar **1a**, motorul liniar – **2a** realizând translația q_4 , bucușă cu braț orizontal – **4a** care se deplasează împreună cu motorul liniar **2a**; calea de rulare – **6a**, arborele de ghidare – **7a**; tija de legătură – **8a** și pistonul orizontal – **5a**. Lanțurile cinematice fiind identice, pentru lanțurile cinematice doi și trei se introduc notațiile după cum urmează:

lanțul cinematic 2: motorul liniar – **1b** realizând translația q_2 , bucușă – **3b** care se deplasează împreună cu motorul liniar **1b**, motorul liniar – **2b** realizând translația q_5 , bucușă cu braț orizontal – **4b** care se deplasează împreună cu motorul liniar **2b**; calea de rulare – **6b**, arborele de ghidare – **7b**; tija de legătură – **8b** și pistonul orizontal – **5b**.

lanțul cinematic 3: motorul liniar – **1c** realizând translația q_3 , bucușă – **3c** care se deplasează împreună cu motorul liniar **1c**, motorul liniar – **2c** realizând translația q_6 , bucușă cu braț orizontal – **4c** care se deplasează împreună cu motorul liniar **2c**; calea de rulare – **6c**, arborele de ghidare – **7c**; tija de legătură – **8c** și pistonul orizontal – **5c**.

Cele trei lanțuri cinematice fac legătura între platforma fixă - 9 și platforma mobilă 10 cu cuplele sferice – 1, 2 și 3, prin intermediul pistoanelor orizontale 5a, 5b și 5c c.

Daca se atașează un sistem de coordonate fix, cu originea în O, și axele X, Y și Z, dispunerea lanțurilor cinematice se va face în vârfurile unui triunghi dreptunghic în care se poate scrie relația $D_1D_2 \perp D_2D_3$ dispuse de-a lungul axelor X și respectiv Y. Pentru definirea coordonatelor punctului E de pe platforma mobilă, se introduce un nou sistem de coordonate, cu originea în cupla sferică A_2 având axele X', Y' și Z' respectiv paralele cu axele sistemului de coordonate fix D_2XYZ . Rotațiile platformei mobile se vor realiza pe conform unghiurilor lui Euler în configurația $Z'Y^*z^*$, cu cele trei rotații după cum urmează:

1- Rotație cu ψ în jurul axei Z' care face trecerea de la sistemul de coordonate $A_2X'Y'Z'$ la $A_2X^*Y^*Z^*$;

2- Rotație cu θ în jurul axei Y^* care face trecerea de la sistemul de coordonate $A_2X^*Y^*Z^*$ la $A_2x^*y^*z^*$;

3- Rotație cu φ în jurul axei z^* care face trecerea de la sistemul de coordonate $A_2x^*y^*z^*$ la A_2xyz . Astfel pentru structura de bază există șase coordonate active $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6$, care determină valorile celor 6 parametri ai punctului E - $X_E, Y_E, Z_E, \psi, \theta, \varphi$.

S-au prezentat aceste considerații teoretice, deoarece prin reconfigurarea structurii în structuri cu 5, 4, 3 și 2 grade de mobilitate vor fi suprimate mișcări de-a lungul axelor definite în cazul structurii de bază.

Pentru calculul numărului gradelor de mobilitate al structurii cinematice se folosește formula prezentată mai sus, în care fiecare lanț cinematic este tratat ca o cuplă de ordinul trei, conform figurii 7. Pentru structura cinematică din figura 7, se definesc următorii parametri:

$$N = 4, C_3 = 6$$

Rezultă astfel:

$$M = 6 \cdot 4 - 6 \cdot 3 = 6$$

Astfel se validează numărul de grade de mobilitate al structurii.

Funcționarea fiecărui lanț cinematic va fi descrisă pe elementele primului, și este după cum urmează: motorul de translație **1a** modifică poziția cuplei **3a** care se deplasează pe axul de ghidare **7a**. Motorul de translație **2a** modifică poziția cuplei brațului orizontal de-a lungul axului de ghidare **10**. Cele două motoare de translație se deplasează pe canalul de ghidare **6a**. Tija de ghidare **8a** este atașată de pistonul orizontal **5a** printr-o cuplă de rotație și în partea superioară de bucșa **3a** printr-o altă cuplă de rotație. Pistonul orizontal **5a** se deplasează în interiorul brațului orizontal **4a**, prin variația pozițiilor motoarelor de translație **1a** și **2a** obținându-se poziția punctului A_1 .

Această funcționare se extinde în mod identic la cele trei lanțuri cinematice ale robotului. În punctele A_1, A_2 și A_3 pistoanele orizontale ale celor trei lanțuri cinematice sunt conectate la platforma mobilă prin intermediul cuplelor sferice **1, 2** și **3**. Prin mișcarea combinată a celor șase motoare liniare, (**1a, 2a, 1b, 2b, 1c, 2c**) se definește poziția și orientarea punctului caracteristic al platformei mobile, E, cu parametri $X_E, Y_E, Z_E, \psi, \theta, \varphi$.

Figurile 8 – 12 vor prezenta variante de reconfigurare ale structurii de bază cu motoare liniare, prezentată în figura 7 prin aplicarea unor constrângeri geometrice, prin care vor rezulta structuri noi, cu un număr mai mic de grade de mobilitate.

Astfel figura 8 prezintă o variantă de reconfigurare a robotului paralel acționat cu motoare liniare, care are cinci grade de mobilitate, asupra acestuia aplicându-se constrângerea geometrică $q_5 = q_6$. Pentru aceasta cupla activă q_6 devine cuplă pasivă și în construcție motorul liniar **2c** se înlocuiește

cu elementul liniar **11**, care execută o mișcare liniară pasivă pe calea de rulare. Elementul liniar **11** este conectat la motorul liniar **2b** printr-o tijă **12** care asigură astfel constrângerea geometrică $q_5 = q_6$. În acest fel, la nivelul punctului E vor exista cinci grade de mobilitate, rotația a treia, cu φ în jurul axei z^* fiind suprimată. Astfel pentru structura din figura 8 există cinci coordonate active q_1, q_2, q_3, q_4, q_5 , care determină valorile celor 5 parametri ai punctului E - $X_E, Y_E, Z_E, \psi, \theta$.

În figura 9 se prezintă o nouă variantă de reconfigurare a structurii robotului paralel acționat cu motoare liniare, care are patru grade de mobilitate, asupra ei aplicându-se constrângerea geometrică $q_4 = q_5 = q_6$. Pentru aceasta cuplele active q_4 și q_6 devin cuple pasive și în construcție motoarele liniare **2a** și **2c** se înlocuiesc cu elementele liniare **11** și **13**, care execută o mișcare liniară pasivă pe căile de rulare **6a** și **6c**. Elementele liniare **11** și **13** sunt conectate la motorul liniar **2b** prin câte o tijă **12** respectiv **14** care asigură astfel constrângerea geometrică $q_4 = q_5 = q_6$. În acest fel, la nivelul punctului E vor exista patru grade de mobilitate, trei translații, și rotația proprie, cu φ în jurul axei Z' . Astfel pentru structura din figura 9 există patru coordonate active q_1, q_2, q_3, q_4 , care determină valorile celor 4 parametri ai punctului E - X_E, Y_E, Z_E, φ .

Figurile 10 și 11 prezintă două variante de reconfigurare ale robotului paralel acționat cu motoare liniare în structuri cu trei grade de mobilitate.

În figura 10 se prezintă o structură spațială cu orientarea constantă a platformei mobile. Pentru a obține această configurație, se aplică următoarele constrângeri:

1- $q_4 = q_5 = q_6$; Acest lucru se obține constructiv astfel: cuplele active q_4 și q_6 devin cuple pasive și în construcție motoarele liniare **2a** și **2c** se înlocuiesc cu elementele liniare **11** și **13**, care execută o mișcare liniară pasivă pe căile de rulare **6a** și **6c**. Elementele liniare **11** și **13** sunt conectate la motorul liniar **2b** prin câte o tijă **12** respectiv **14** care asigură astfel constrângerea geometrică $q_4 = q_5 = q_6$;

2- $q_2 = q_3$; Acest lucru se obține prin eliminarea motorului liniar **1c** și înlocuirea lui cu o cuplă de translație pasivă, **15** și introducerea unui element de legătură, **16**, între cupla activă **1b** și noua cuplă pasivă **15**. Astfel prin acționarea motoarelor de translație **1a** și **1b** se va realiza poziționarea în planul $x_A y$ a punctului E, având orientarea constantă, în timp ce motorul liniar **2b** va asigura deplasarea pe axa z. Astfel pentru structura din figura 10 există trei coordonate active q_1, q_2, q_3 , care determină valorile celor 3 parametri ai punctului E - X_E, Y_E, Z_E .

Figura 11 reprezintă o structură plană cu trei grade de mobilitate permițând poziționarea și orientarea platformei mobile într-un plan paralel cu planul fix OXY. Pentru a obține această configurație, din configurația de bază a robotului paralel acționat cu motoare liniare, se aplică următoarea constrângere:

$q_4 = q_5 = q_6 = z_0$; Acest lucru se obține constructiv astfel: cuplele active q_4 , q_5 și q_6 devin cuple pasive și în construcție motoarele liniare **2a**, **2b** și **2c** se fixează la aceeași cotă pe axa Z a planului OXYZ, dimensiune notată cu z_0 , unde elementul de fixare este notat cu **17**. Astfel prin acționarea motoarelor liniare **1a**, **1b** și **1c** se va realiza poziționarea și orientarea în planul $x_{A_2}y$ a punctului E. Astfel pentru structura din figura 3 există trei coordonate active q_1, q_2, q_3 , care determină valorile celor 3 parametri ai punctului E - X_E, Y_E, φ .

În figura 12 se prezintă o structură plană cu orientarea constantă a platformei mobile, care se menține într-un plan paralel cu planul fix OXY. Pentru a obține această configurație, din configurația de bază din figura 7, se aplică următoarele constrângeri:

1. $q_4 = q_5 = q_6 = z_0$; Acest lucru se obține constructiv astfel: cuplele active q_4 , q_5 și q_6 devin cuple pasive și în construcție motoarele liniare 4, 5 și 6 se fixează la aceeași cotă pe axa Z a planului OXYZ, dimensiune notată cu z_0 ; elementul de fixare s-a notat cu 17;
2. $q_2 = q_3$; Acest lucru se obține prin eliminarea motorului liniar **1c** și înlocuirea lui cu o cuplă de translație pasivă, **15** și introducerea unui element de legătură, **16**, între cupla activă **1b** și noua cuplă pasivă **15**.

Au fost prezentate astfel 5 variante constructive de roboți cu diferite configurații și grade de mobilitate, derivate dintr-o structură de bază, robotul paralel acționat cu cuple de translație, prezentat în figura 7. Trecerea de la o configurație la alta se poate face și progresiv, adăugând constrângeri suplimentare sau aplicând direct setul de constrângeri prezentat pe structura de bază.

Se obțin astfel structuri optimizate pentru diferite aplicații asigurând o funcționare optimă și un cost optim în exploatare.

Robotul paralel reconfigurabil cu șase grade de mobilitate cu două lanțuri cinematice

O altă structură din aceeași familie de roboți reconfigurabili cu șase grade de mobilitate, se poate obține prin realizarea unei combinații între lanțurile cinematice ale primelor două structuri de bază din cadrul invenției, robotul Recrob și robotul paralel reconfigurabil cu șase grade de mobilitate acționat cu motoare liniare. Combinația între lanțurile cinematice se face prin introducerea, în lanțul cinematic cu motoare liniare (de exemplu lanțul cinematic 1 din figura 7) a unui motor rotativ suplimentar și înlocuirea arborelui de ghidare 8a cu un arbore canelat ca și cel din figura 1 poziția 7. Bucșele de ghidare 3a și 4a din figura 7 se vor înlocui cu bucșe cu caneluri care se vor roti o dată cu arborele canelat introdus. Astfel se va face trecerea la o structură cu două lanțuri cinematice, având trei cuple active pe fiecare lanț.

Astfel a treia structură de bază din cadrul invenției este prezentată în figura 13. Structura este formată din două lanțuri cinematice simetrice cu trei grade de mobilitate și mai multe cuple pasive care fac legătura între cele două lanțuri cinematice și efectorul final. Structura primului lanț cinematic este: motor rotativ – **1r**; motor liniar superior – **1a**; motor liniar inferior – **2a**; arbore canelat – **3a**; bucșă canelată superioară – **4a**; bucșă canelată inferioară cu braț orizontal – **5a**; tijă de ghidare piston – **6a**; piston orizontal **7a**; cale de rulare – **8a**. Prin variația pozițiilor motoarelor liniare **1a** și **2a** de-a lungul căii de rulare **8a**, se realizează translația bucșelor **4a** și **5a** de-a lungul arborelui canelat **3a**. Tija de ghidare este fixată cu o cuplă de rotație pe bucșa **4a** și în celălalt capăt cu altă cuplă de rotație de capătul pistonului orizontal **7a**, care se deplasează în interiorul brațului orizontal cu bucșă canelată **5a**. Prin acționarea motorului rotativ **1r** se rotește arborele canelat **3a**, care va roti de asemenea bucșele **4a** și **5d**. Astfel prin mișcarea combinată a celor două motoare liniare **1a** și **2a** și a celui rotativ **1r** se realizează poziționarea punctului E_1 în spațiu. În mod similar funcționează și al doilea lanț cinematic pentru care se definesc următoarele elemente componente: motor rotativ – **2r**; motor liniar superior – **1b**; motor liniar inferior – **2b**; arbore canelat – **3b**; bucșă canelată superioară – **4b**; bucșă canelată inferioară cu braț orizontal – **5b**; tijă de ghidare piston – **6b**; piston orizontal **7b**; cale de rulare – **8b**. Arbori canelați și căile de ghidare ale motoarelor liniare sunt fixate pe batiul robotului, și sunt paralele cu axa Z a sistemului de coordonate fix OXYZ, punctul O fiind poziționat pe batiu, coliniar cu punctele B1 și B2 (care reprezintă capetele arborilor canelați **3a** și **3b**) la jumătatea distanței dintre aceștia. În punctul E_1 se află un ansamblu de două brațe, **1** și **2** conectate prin cuple de translație cu axele perpendiculare, prima paralelă cu axa OZ. Acest ansamblu de trei cuple poate fi văzut ca o cuplă sferică. În capătul pistonului orizontal a celui de-al doilea lanț cinematic, în punctul E_2 se află un alt ansamblu de două brațe, **3** și **4** conectate prin trei cuple de rotație cu axele respectiv paralele cu cele ale primelor trei cuple. Între elementele **2** și **4** se află elementul **5** de care este atașat și efectorul final, cu punctul caracteristic E. În punctul E se

introduce un sistem de referință mobil, $Exyz$, cu axa z în lungul segmentului EA_1 . Astfel, prin acționarea celor șase motoare se obțin variații la nivelul celor șase cuple active, q_1, q_2, \dots, q_6 determinând astfel poziția și orientarea punctului E , definită de cei șase parametrii: $X_E, Y_E, Z_E, \psi, \theta, \varphi$.

Figurile 14 – 19 reprezintă variante de reconfigurare ale robotului paralel reconfigurabil cu șase grade de mobilitate cu două lanțuri cinematice din figura 13, unde prin eliminarea unor cuple se obțin noi structuri cu 5, 4, 3 și 2 grade de mobilitate.

Astfel în figura 14 este ilustrată o structură cu cinci grade de mobilitate, obținută din structura de bază din figura 13. Astfel, motorul de rotație **2r** a fost înlocuit cu un lagăr pasiv, **9** care permite rotația liberă a arborelui canelat **3b**. Cele trei cuple de rotație cu axele paralele care conectau lanțul cinematic 2 de efectorul final au fost înlocuite de o cuplă sferică, **10**, pentru a reduce gabaritul structurii în zona proximală efectorului final. Față de structura de bază a fost eliminat și elementul **2** și odată cu acesta ultima cuplă de rotație. Efectorul final este conectat astfel la nuca exterioră a cuplei sferice **10**, și la a doua cuplă de rotație a elementului **1**. Elementul interior al cuplei sferice **10** este fixat pe capătul pistonului orizontal **7b**. În figură este prezentată structura cinematică funcționând în cadrul unei aplicații de chirurgie minim invazivă, pentru conducerea instrumentului în interiorul bolnavului. Astfel, prin acționarea celor cinci motoare se obțin variații la nivelul celor cinci cuple active, q_1, q_2, \dots, q_5 determinând astfel poziția și orientarea punctului E , definită de cei cinci parametrii: $X_E, Y_E, Z_E, \psi, \theta$, rotația în jurul axei proprii fiind blocată.

În figura 15 se prezintă o nouă variantă de reconfigurare a structurii de bază din figura 13, care realizează, prin cele patru grade de mobilitate ale sale poziționarea efectorului final în spațiul cartezian și rotația în jurul axei proprii. Pentru aceasta în cadrul lanțului cinematic 2, se suprimă motorul rotativ **2r** și se înlocuiește arborele canelat **3b** cu arborele de ghidare **11** și motorul liniar **2b** înlocuit de cupla pasivă liniară **12**. Se introduce și elementul de legătură **13** care conectează motorul liniar **2a** de cupla pasivă **12** asigurând deplasarea concomitentă a celor două elemente. În vârful celor două lanțuri cinematice rămân doar câte o cuplă pasivă de rotație cu axa paralelă cu axa OZ a sistemului fix de coordonate. Astfel, prin acționarea celor patru motoare se obțin variații la nivelul celor patru cuple active, q_1, q_2, q_3, q_4 determinând astfel poziția și orientarea punctului E , definită de cei patru parametrii: X_E, Y_E, Z_E, φ .

În figura 16 se prezintă o nouă variantă de reconfigurare în care se păstrează doar primul lanț cinematic de ghidare, care prin variația celor trei cuple active permite poziționarea punctului E în spațiul cartezian.

Figurile 17 - 19 prezintă variante de reconfigurare ale structurii de bază cu două grade de mobilitate, în trei variante constructive.

În figura 17 se prezintă o variantă în care se folosește doar primul lanț cinematic, pentru care se suprimă motorul liniar **2a** și elementul pasiv **14** care îl înlocuiește se fixează la o valoare Z_0 care va rămâne constantă. Astfel prin variația motorului liniar **1a** și a celui rotativ **1r** se realizează poziționarea punctului E într-un plan paralel cu planul fix OXY la distanța Z_0 față de acesta.

În figura 18 se prezintă o variantă cu două lanțuri cinematice simetrice cu motoarele liniare inferioare **2a** și **2b** suprimate și înlocuite cu elementul pasiv **14** care îl înlocuiește se fixează la o valoare Z_0 care va rămâne constantă. Motoarele rotative **1r** și **2r** sunt înlocuite și ele cu cuple pasive arborele canelat fiind înlocuit cu un arbore de ghidare pe care cuplele 4a, 5a și respectiv 4b și 5b se pot roti liber. Astfel prin variația motoarelor liniare **1a** și **1b** se realizează poziționarea punctului E într-un plan paralel cu planul fix OXY la distanța Z_0 față de acesta.

În figura 19 se prezintă o variantă cu două lanțuri cinematice în care lanțul cinematic 2 are toate motoarele eliminate. Se introduc cuplele pasive, **15** și **16**, și se înlocuiește arborele canelat **3b** cu un arbore de ghidare care permite rotația cuplelor **4b** și **5b**. În plus, pentru primul lanț cinematic se suprimă motorul liniar **2a** și elementul pasiv **14** care îl înlocuiește se fixează la o valoare Z_0 care va rămâne constantă. Se introduc de asemenea două elemente de legătură, **17** care va bloca cupla pasivă **15** la cota Z_0 și elementul **18** care va impune deplasarea cuplei pasive **16** împreună cu motorul liniar **1a**. Astfel structura va realiza poziționarea punctului E într-un plan paralel cu planul fix OXY la distanța Z_0 față de acesta.

Robot paralel cu șase grade de mobilitate și trei lanțuri simetrice de ghidare a platformei

A patra structură descrisă în cadrul invenției este o structură paralelă cu șase grade de mobilitate și trei lanțuri cinematice simetrice de ghidare a platformei mobile, care funcționează în consolă, prezentată în trei variante constructive:

- în figura 20 – prima variantă realizată cu ajutorul a trei lanțuri identice cu cuple active de translație pe nivelele 1 și 2;

- în figura 21 – o variantă realizată cu ajutorul a trei lanțuri identice cu cuple active de translație poziționate pe batiu și cuple pasive de translație pentru poziționarea platformei;

- în figura 22 – o variantă realizată pe baza celei din figura 21 în care cuplele de translație sunt înlocuite de cuple de rotație.

Prin variantă a structurii, descrisă în figura 20, conține trei cuple active de translație, **1**, **2** și **3** poziționate pe batiul structurii. De acestea, prin câte o cuplă cardanică se atașează elementele **4**, **5** și respectiv **6**. Prin acestea culisează tijele **7**, **8** și respectiv **9**, formând astfel următoarele trei cuple active de translație. Capetele tijelor se fixează prin intermediul a trei cuple sferice de platforma mobilă **10**. Pe baza deplasărilor la nivelul celor șase cuple active se obține poziționarea și punctului caracteristic E definită de $X_E, Y_E, Z_E, \psi, \theta, \varphi$.

În vederea poziționării tuturor cuplelor active pe platforma fixă, notată cu **0**, se propune varianta constructivă din figura 21, care se deosebește de cea din figura 20 prin faptul că cupla activă tijă – piston de pe nivelul 2 este transformată în cuplă pasivă, cuplele active fiind mutate pe platforma fixă. Astfel, fiecare din cele trei lanțuri cinematice are următoarele componente: motoare liniare (cuple active) – **1a** și **1b**, **2a** și **2b** și respectiv **3a** și **3b**, tijele de ghidare **1c**, **2c** și **3c** pentru pistoanele **1e**, **2e** și **3e** care se deplasează în cilindrii **1d**, **2d** și respectiv **3d**. Cele trei pistoane sunt conectate la platforma mobilă prin intermediul a trei cuple sferice. Se folosesc astfel trei module plane cu două grade de mobilitate, cu ajutorul cărora se obține poziționarea și punctului caracteristic E definită de $X_E, Y_E, Z_E, \psi, \theta, \varphi$.

În figura 22 se prezintă o altă soluție de poziționare a cuplelor active pe platforma fixă, de această dată utilizând doar cuple de rotație. Astfel, fiecare lanț cinematic are două cuple active de translație, **1a** și **1b**, **2a** și **2b** și **3a** și **3b**. De fiecare cuplă este conectată printr-o cuplă cardanică o tijă. De cuplele **1a**, **2a** și **3a** sunt conectate tijele de lungime $2 \cdot c_1$, notate cu **1,2** și **3**, la celălalt capăt acestea fiind conectate la platforma mobilă prin cuple sferice. De cuplele active **1b**, **2b** și **3b**, sunt conectate tijele de lungime c_1 notate cu **1c**, **2c** și **3c** care sunt conectate apoi la mijlocul tijelor **1**, **2** și respectiv **3**, prin intermediul unor cuple de rotație. Astfel, se obține poziționarea și punctului caracteristic E definită de $X_E, Y_E, Z_E, \psi, \theta, \varphi$.

REVEDICĂRI

1. Familie de roboți paraleli cu șase grade de libertate cu două sau trei lanțuri cinematice, **caracterizată prin aceea că**, pentru obținerea unor structuri optimizate pentru o aplicație anume se folosesc mai multe structuri de bază, structură simetrică (figura 20) sau structuri reconfigurabile (figurile 1, 7, 13), care prin modificarea unor parametri geometrici sau impunerea unor constrângeri permit dezvoltarea unor structuri noi cu un număr mai mic de grade de mobilitate, din structurile de bază cu șase grade de mobilitate obținându-se structuri cu cinci grade de mobilitate (figurile 2, 8, 14) care nu permit rotația în jurul axei proprii a efectorului final, structuri cu patru grade de mobilitate (figurile 3, 9, 15) care permit poziționarea efectorului final în spațiul cartezian și orientarea acestuia în jurul axei proprii, structuri cu trei grade de mobilitate spațiale (figurile 4, 10, 16) care permit poziționarea platformei cu orientare constantă în spațiul cartezian, structuri cu trei grade de mobilitate plane (figurile 5, 11), care permit poziționarea și orientarea platformei într-un plan paralel cu planul fix OXY și structuri plane cu două grade de mobilitate (figurile 6, 12, 17, 18 și 19).

2. Familie de roboți paraleli cu șase grade de libertate cu trei lanțuri cinematice conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că**, pentru primul tip de structură reconfigurabilă se folosesc trei lanțuri cinematice care funcționează prin acționarea unui motor rotativ 1 care învârte arborele canelat 7 pe care este fixat brațul orizontal 14 acesta rotindu-se o dată cu arborele, asupra brațului orizontal 14 acționând și motorul liniar 4 care se deplasează pe calea de rulare 10, motor liniar care conține o bucsă în care intră și brațul orizontal 14 care însă nu are caneluri, permițând astfel rotația arborelui canelat 7 independent de motorul liniar 1, între brațele orizontale 14 și 17 existând o cuplă de rotație pasivă, iar între brațul orizontal 17 și platforma mobilă 20 aflându-se o cuplă sferică, pentru fiecare lanț cinematic, și prin mișcarea combinată a celor șase motoare, trei rotative și trei liniare se asigură poziționarea și orientarea platformei mobile în spațiul cartezian, cele trei lanțuri cinematice fiind dispuse în forma unui triunghi dreptunghic, în care $B_1' B_2' \perp B_2' B_3'$.

3. Familie de roboți paraleli cu șase grade de libertate cu trei lanțuri cinematice conform revendicării 2, **caracterizată prin aceea că**, prin reconfigurarea structurii de bază, din figura 1, se pot obține mai multe configurații, și anume, prin impunerea constrângerii $q_5 = q_6$ și înlocuirea cuplei active q_6 cu o cuplă pasivă de translație și introducerea unui element de legătură între cupla activă q_5 și noua cuplă pasivă, se obține o structură cu cinci grade de mobilitate, prin impunerea constrângerii $q_4 = q_5 = q_6$ prin înlocuirea cuplelor active q_4 și q_6 cu cuple pasive de translație și introducerea unui element de legătură între cupla activă q_5 și cuplele pasive rezultă o structură cu

patru grade de mobilitate, prin impunerea prin impunerea a două constrângeri, $q_4 = q_5 = q_6$, și $q_2 = q_3$ asupra structurii de bază, prin înlocuirea cuplelor active q_4 și q_6 cu cuple pasive de translație, transformarea cuplei active q_3 în cuplă pasivă și introducerea a două elemente de legătură, primul între cupla activă q_5 și cuplele pasive de translație, și al doilea care să asigure constrângerea $q_2 = q_3$, rezultă o structură spațială cu trei grade de mobilitate, prin impunerea constrângerii $q_4 = q_5 = q_6 = z_0$ aceste cuple devin fixe și transformă structura într-un robot plan cu trei grade de mobilitate, și două constrângeri, prima care blochează cuplele de translație $q_4 = q_5 = q_6 = z_0$, care devin astfel fixe, și o a doua, în care $q_2 = q_3$ prin transformarea cuplei active q_3 în cuplă pasivă și introducerea unui element de legătură care să asigure constrângerea $q_2 = q_3$ pentru obținerea unei structuri plane cu două grade de mobilitate.

4. Familie de roboți paraleli cu șase grade de libertate cu trei lanțuri cinematice conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că**, pentru al doilea tip de structură reconfigurabilă se folosesc trei lanțuri cinematice cu motoare liniare de acționare care funcționează prin acționarea motorului de translație 1a care modifică poziția cuplei 3a care se deplasează pe axul de ghidare 7a și prin acționarea motorului de translație 2a care modifică poziția cuplei brațului orizontal de-a lungul axului de ghidare 10, cuplele active de translație deplasându-se pe canalul de ghidare 6a, iar tija de ghidare 8a fiind atașată de pistonul orizontal 5a printr-o cuplă de rotație și în partea superioară de bușca 3a printr-o altă cuplă de rotație, Pistonul orizontal 5a deplasându-se în interiorul brațului orizontal 4a, prin variația pozițiilor motoarelor de translație 1a și 2a obținându-se poziția punctului A_1 , și în mod similar a punctelor A_2 și A_3 , punctele fiind dispuse în colțurile unui tringhi dreptunghic, pistoanele orizontale ale celor trei lanțuri cinematice fiind conectate la platforma mobilă iar prin intermediul cuplelor sferice 1, 2 și 3 se definește poziția și orientarea punctului caracteristic al platformei mobile, E, cu parametrii $X_E, Y_E, Z_E, \psi, \theta, \varphi$.

5. Familie de roboți paraleli cu șase grade de libertate cu trei lanțuri cinematice conform revendicării 4, **caracterizată prin aceea că**, prin reconfigurarea structurii de bază, din figura 7, se pot obține mai multe configurații, și anume prin impunerea constrângerii $q_5 = q_6$ și înlocuirea cuplei active q_6 cu o cuplă pasivă de translație și introducerea unui element de legătură între cupla activă q_5 și noua cuplă pasivă, se obține o structură cu cinci grade de mobilitate, prin impunerea constrângerii $q_4 = q_5 = q_6$ prin înlocuirea cuplelor active q_4 și q_6 cu cuple pasive de translație și introducerea unui element de legătură între cupla activă q_5 și cuplele pasive rezultă o structură cu patru grade de mobilitate, prin impunerea prin impunerea a două constrângeri, $q_4 = q_5 = q_6$, și $q_2 = q_3$ asupra structurii de bază, prin înlocuirea cuplelor active q_4 și q_6 cu cuple pasive de

translație, transformarea cuplei active q_3 în cuplă pasivă și introducerea a două elemente de legătură, primul între cupla activă q_5 și cuplele pasive de translație, și al doilea care să asigure constrângerea $q_2 = q_3$ rezultă o structură spațială cu trei grade de mobilitate, prin impunerea constrângerii $q_4 = q_5 = q_6 = z_0$ aceste cuple devin fixe și transformă structura într-un robot plan cu trei grade de mobilitate, și două constrângeri, prima care blochează cuplele de translație $q_4 = q_5 = q_6 = z_0$, care devin astfel fixe, și o a doua, în care $q_2 = q_3$ prin transformarea cuplei active q_3 în cuplă pasivă și introducerea unui element de legătură care să asigure constrângerea $q_2 = q_3$ pentru obținerea unei structuri plane cu două grade de mobilitate.

6. Familie de roboți paraleli cu șase grade de libertate cu două lanțuri cinematice conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că**, pentru al treilea tip de structură reconfigurabilă se folosesc două lanțuri cinematice care funcționează prin variația pozițiilor motoarelor liniare 1a și 2a de-a lungul căii de rulare 8a realizându-se translația bușelor 4a și 5a de-a lungul arborelui canelat 3a, tija de ghidare fiind fixată cu o cuplă de rotație pe bușca 4a și în celălalt capăt cu altă cuplă de rotație de capătul pistonului orizontal 7a, care se deplasează în interiorul brațului orizontal cu bușcă canelată 5a, prin acționarea motorului rotativ 1r rotindu-se arborele canelat 3a, care va roti de asemenea bușcele 4a și 5d, prin mișcarea combinată a celor două motoare liniare 1a și 2a și a celui rotativ 1r realizându-se poziționarea punctului E_1 în spațiu și în mod similar a punctelor E_2 și E_3 care vor defini poziția și orientarea punctului caracteristic al platformei mobile, E, cu parametrii $X_E, Y_E, Z_E, \psi, \theta, \varphi$.

7. Familie de roboți paraleli cu șase grade de libertate cu două lanțuri cinematice conform revendicării 6, **caracterizată prin aceea că**, prin reconfigurarea structurii de bază, din figura 13, se pot obține mai multe configurații, și anume prin eliminarea motorului rotativ al celui de-al doilea lanț cinematic, se obține o structură cu cinci grade de mobilitate, iar prin eliminarea a două cuple active rezultă o structură cu patru grade de mobilitate ce permite poziționarea punctului E în spațiu și orientarea acestuia în jurul axei proprii (paralele cu axa OZ), prin realizarea structurii utilizând un singur lanț cinematic se obține o structură cu trei grade de mobilitate, pentru realizarea unei structuri cu două grade de mobilitate cu un singur lanț cinematic motorul liniar inferior este înlocuit cu o cuplă fixă poziționată la o anumită cotă pe axa Z, prin eliminarea cuplelor active pentru un lanț cinematic, ambele lanțuri având cuplele inferioare fixate la o anumită cotă pe Z, și asigurându-se constructiv mișcarea identică a celor două lanțuri cinematice prin constrângeri geometrice rezultă o altă structură plană cu două grade de mobilitate.

8. Familie de roboți paraleli cu șase grade de libertate cu trei lanțuri cinematice, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că**, funcționează prin trei lanțuri simetrice de ghidare a

platformei folosind cuple active de translație, care pot avea cuplele active **1**, **2** și **3** poziționate pe batiul structurii (nivelul 1) de care, prin câte o cuplă cardanică se atașează elementele **4**, **5** și respectiv **6** prin care culisează tijele **7**, **8** și respectiv **9**, formând astfel următoarele trei cuple active de translație (nivelul 20, capetele tijelor fixându-se prin intermediul a trei cuple sferice de platforma mobilă **10**, sau folosind cuple active de translație fixate pe platforma fixă (batiul) robotului **1a** și **1b**, **2a** și **2b** și respectiv **3a** și **3b**, tijele de ghidare **1c**, **2c** și **3c** pentru pistoanele **1e**, **2e** și **3e** care se deplasează în cilindrii **1d**, **2d** și respectiv **3d**, cele trei pistoane fiind conectate la platforma mobilă prin intermediul a trei cuple sferice, sau folosind cuple active de translație **1a** și **1b**, **2a** și **2b** și **3a** și **3b**, de fiecare cuplă fiind conectată printr-o cuplă cardanică o tijă, de cuplele **1a**, **2a** și **3a** fiind conectate tije de lungime $2 \cdot c_1$, notate cu **1,2** și **3**, la celălalt capăt acestea fiind conectate la platforma mobilă prin cuple sferice în timp ce de cuplele active **1b**, **2b** și **3b**, sunt conectate tije de lungime c_1 notate cu **1c**, **2c** și **3c** care sunt conectate apoi la mijlocul tijelor **1**, **2** și respectiv **3**, prin intermediul unor cuple de rotație, în toate cazurile de cuplele sferice fiind conectată platforma mobilă.

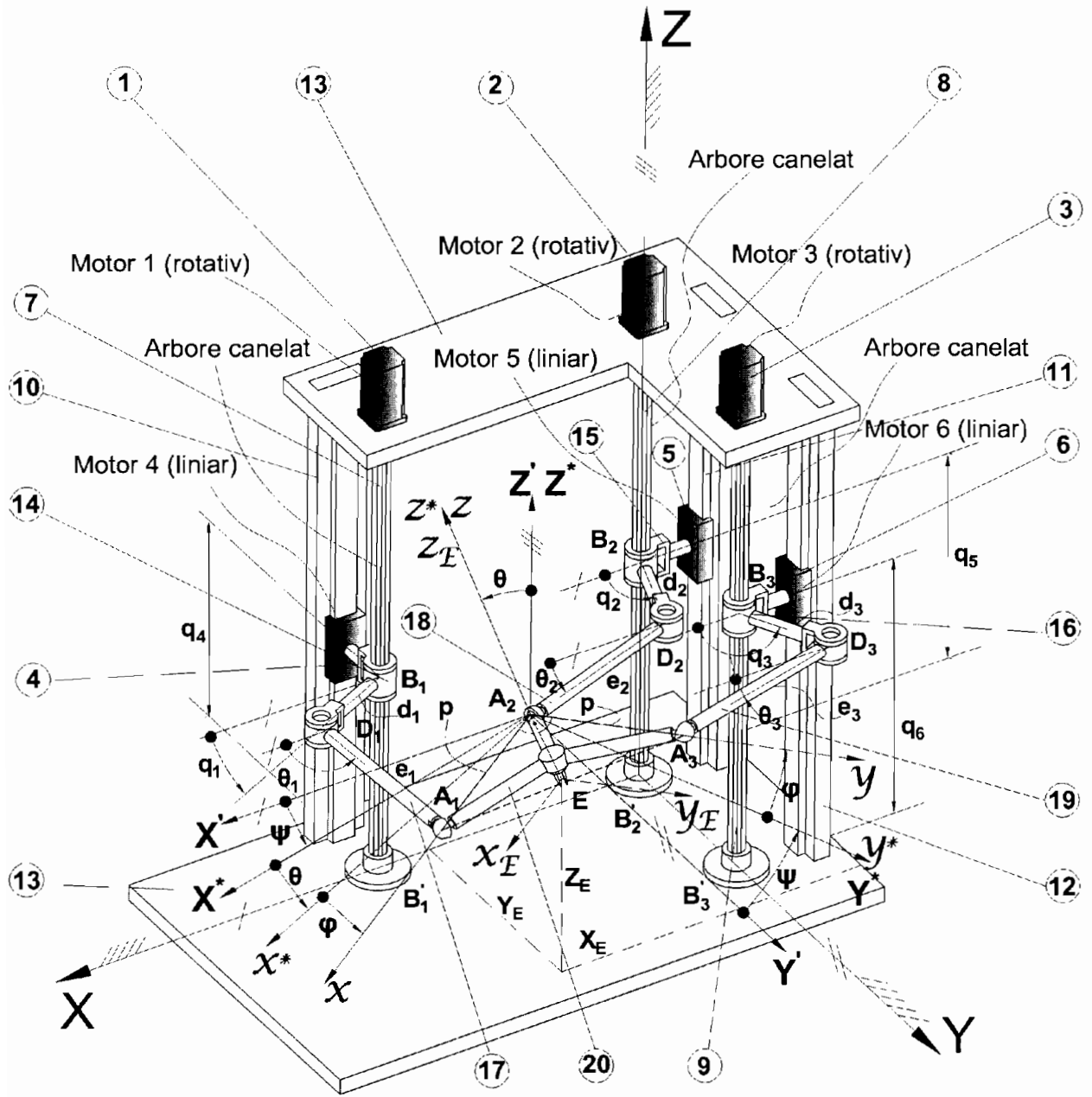


Figura 1

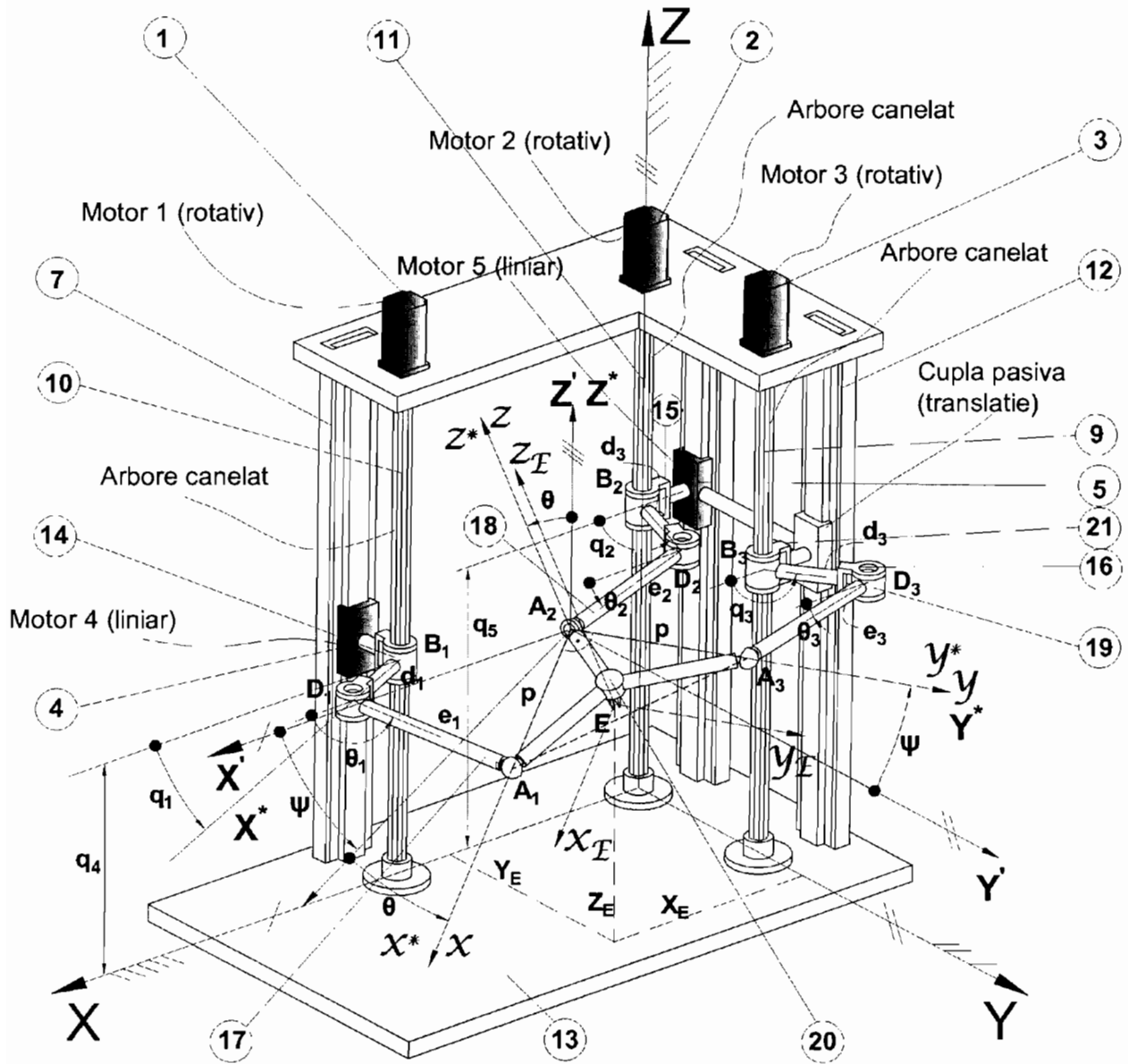


Figura 2

107

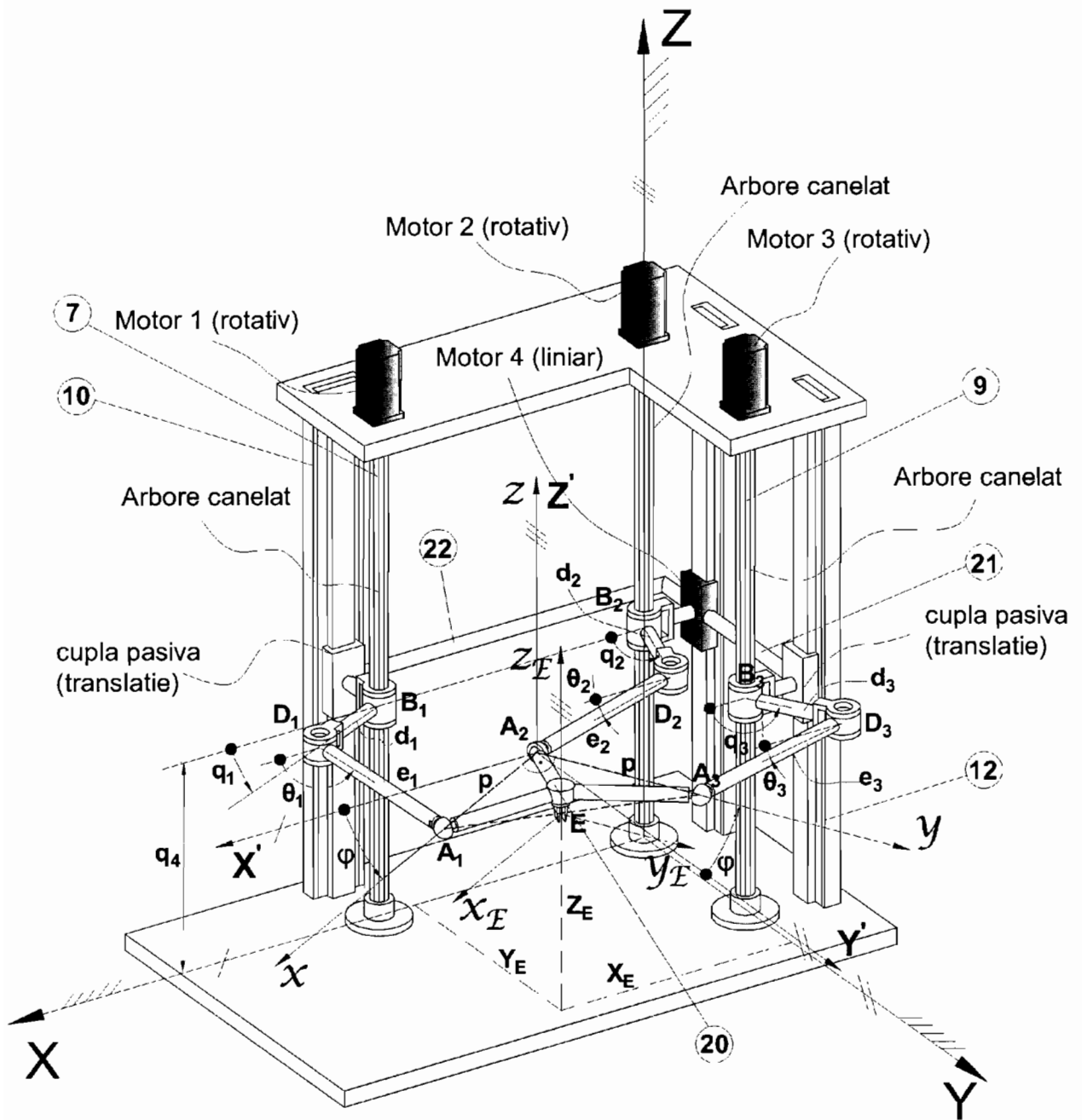


Figura 3

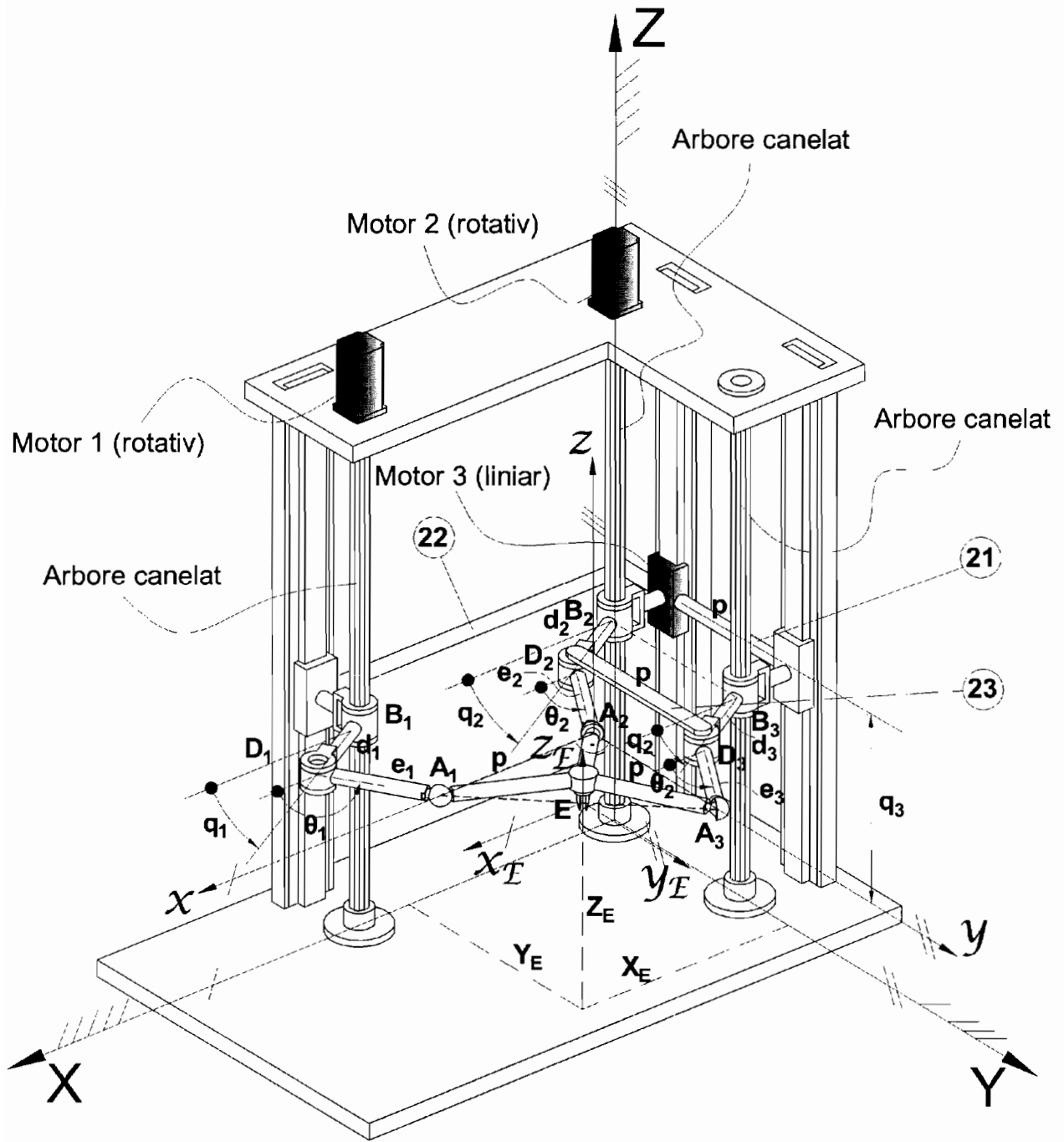


Figura 4

105

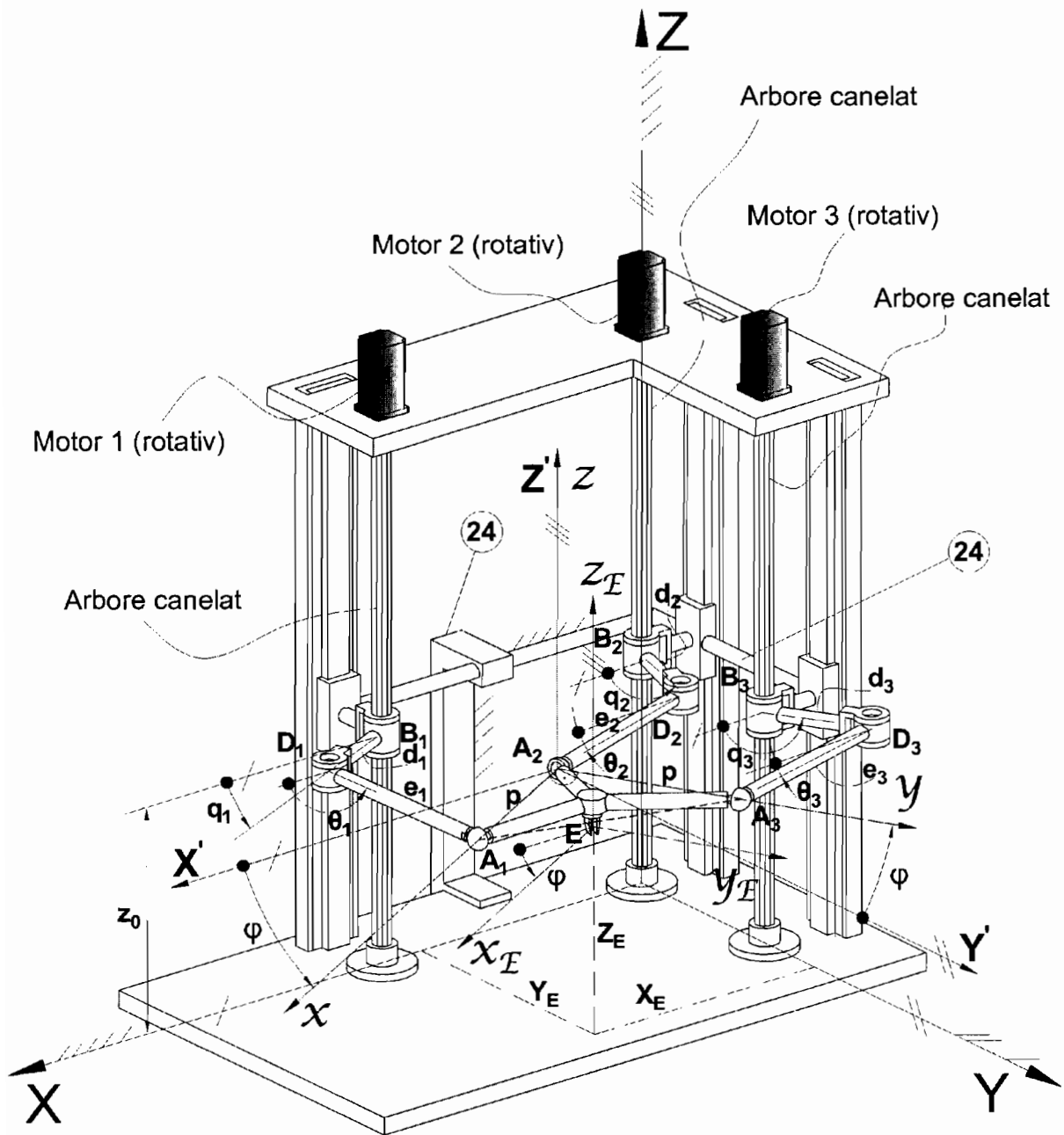


Figura 5

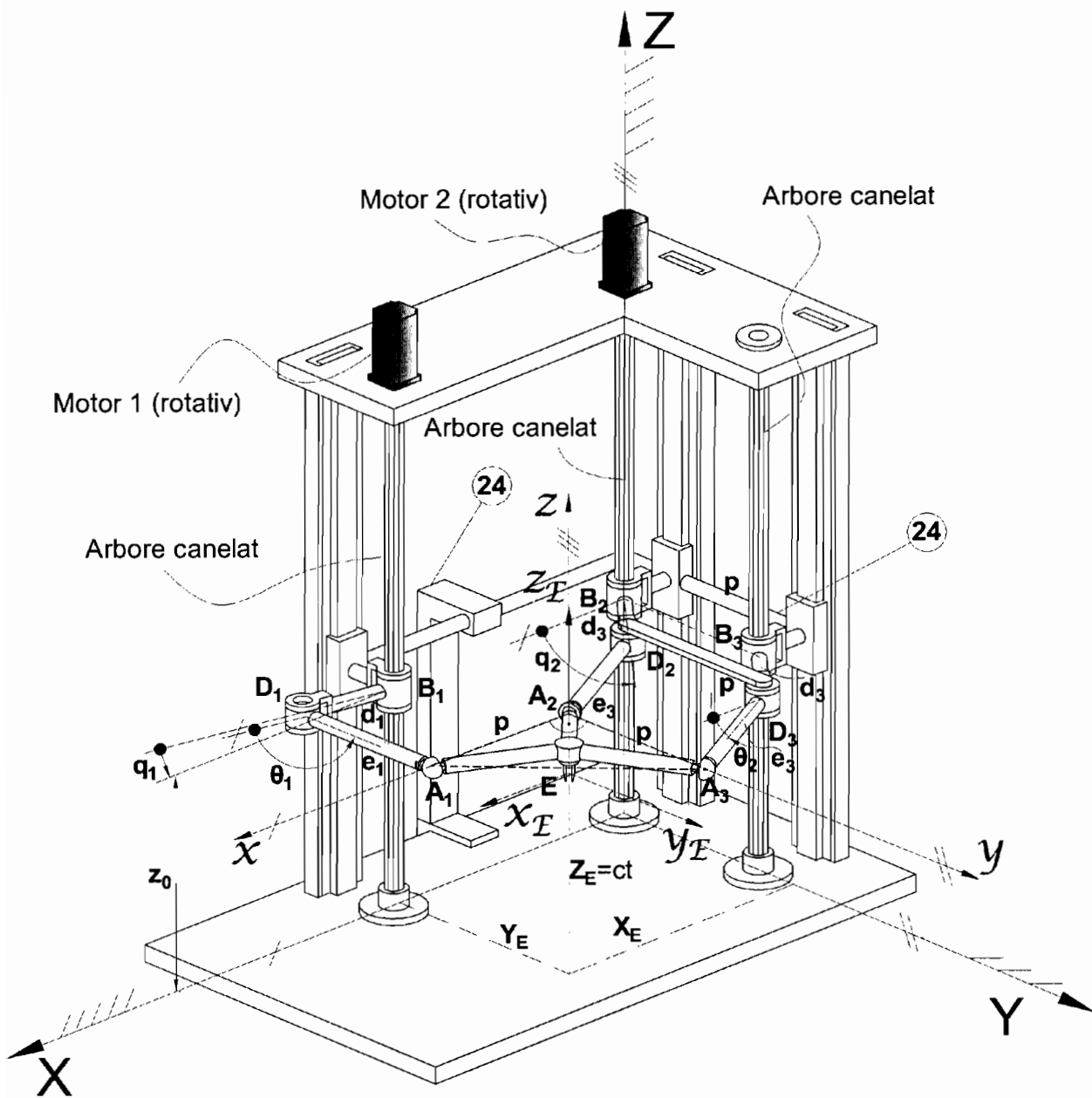


Figura 6

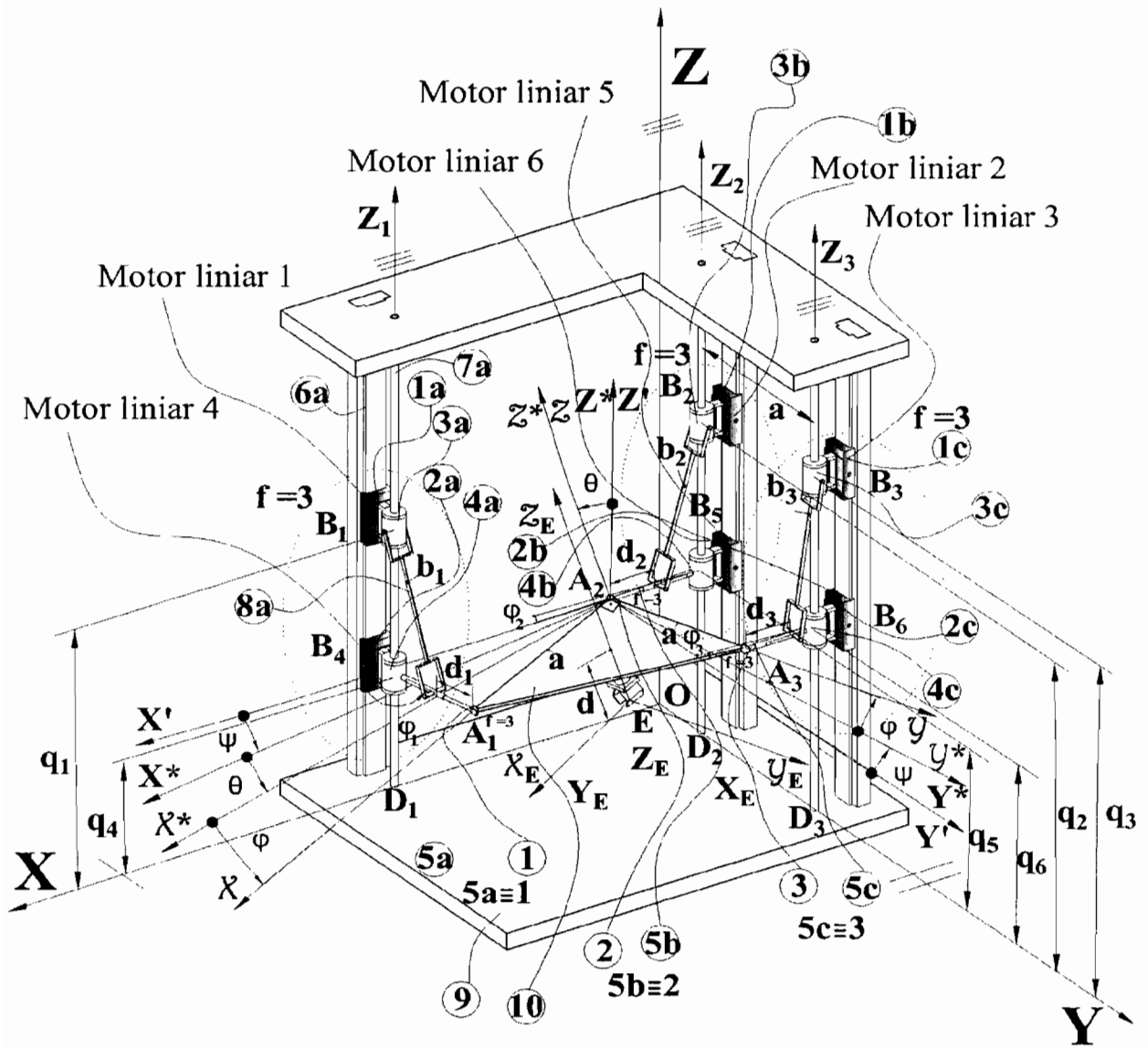


Figura 7

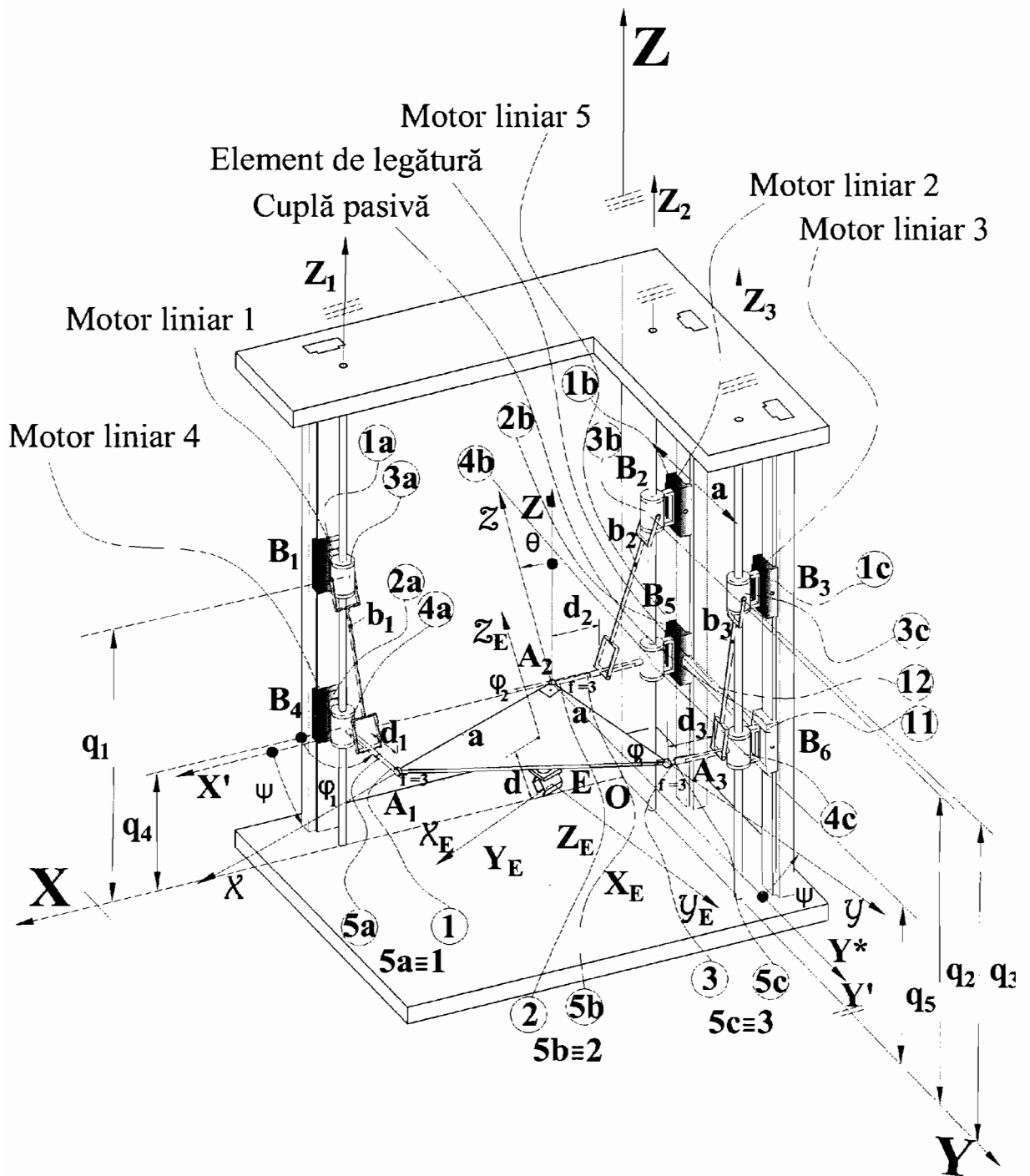


Figura 8

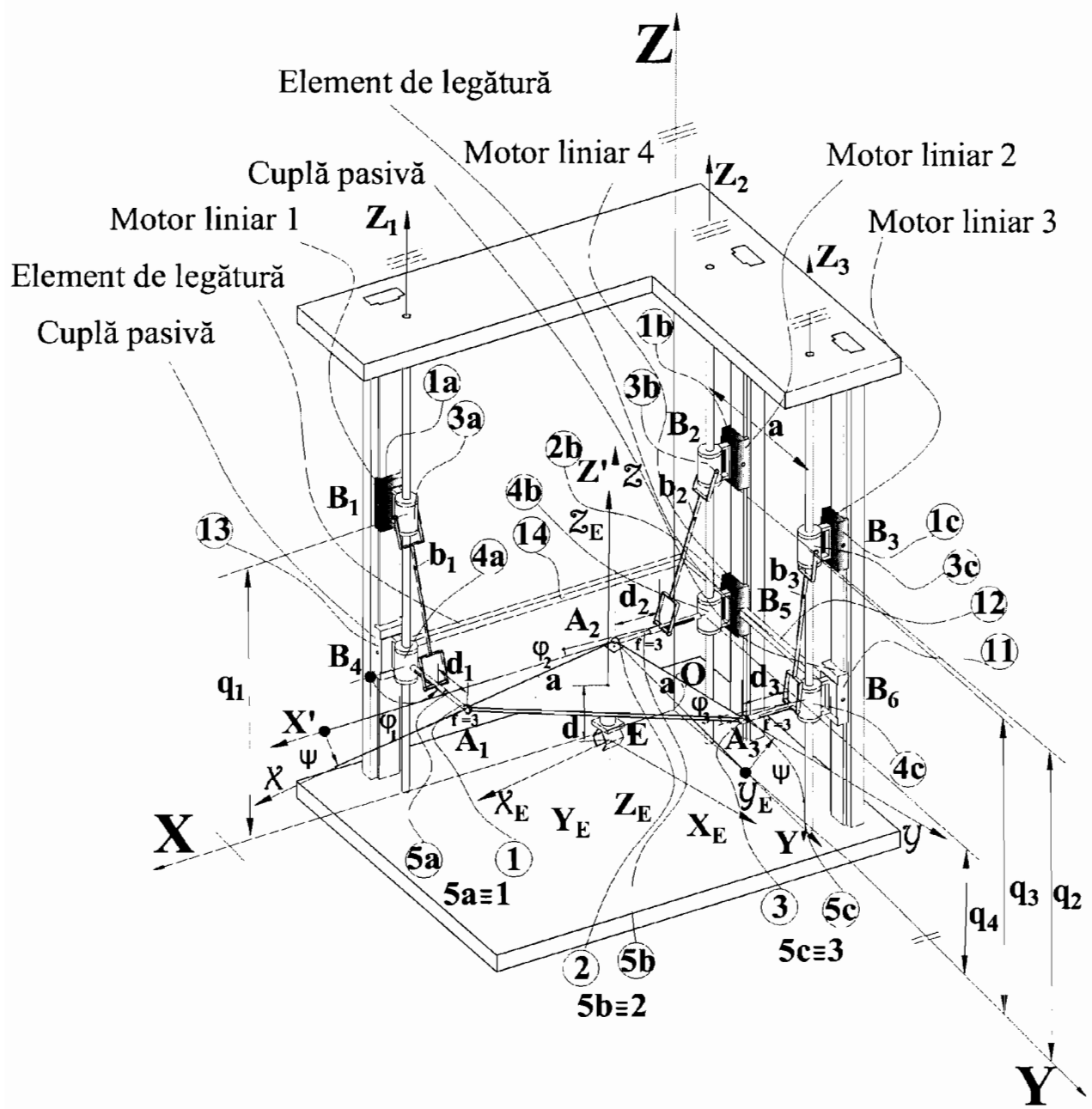


Figura 9

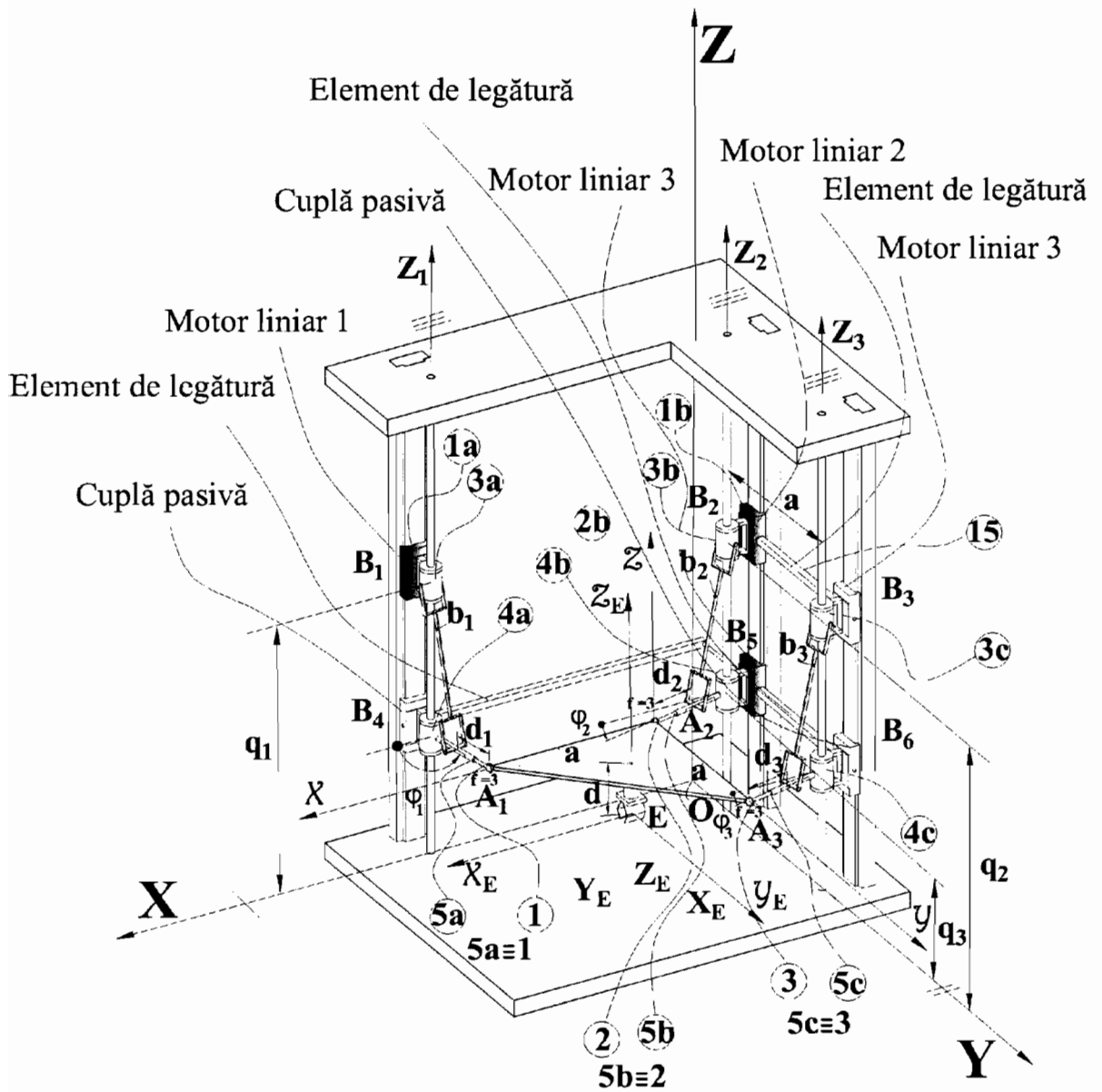


Figura 10

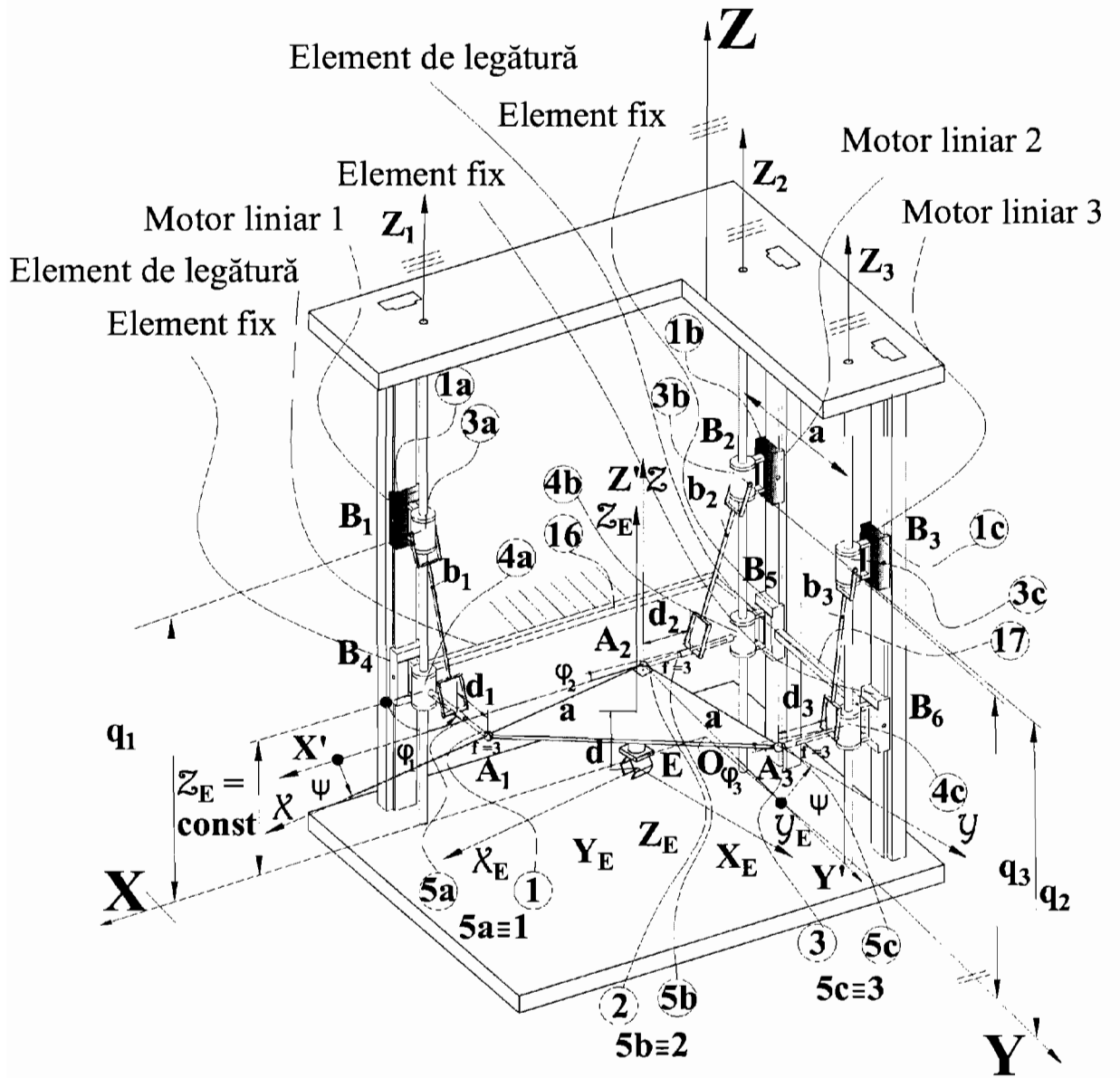


Figura 11

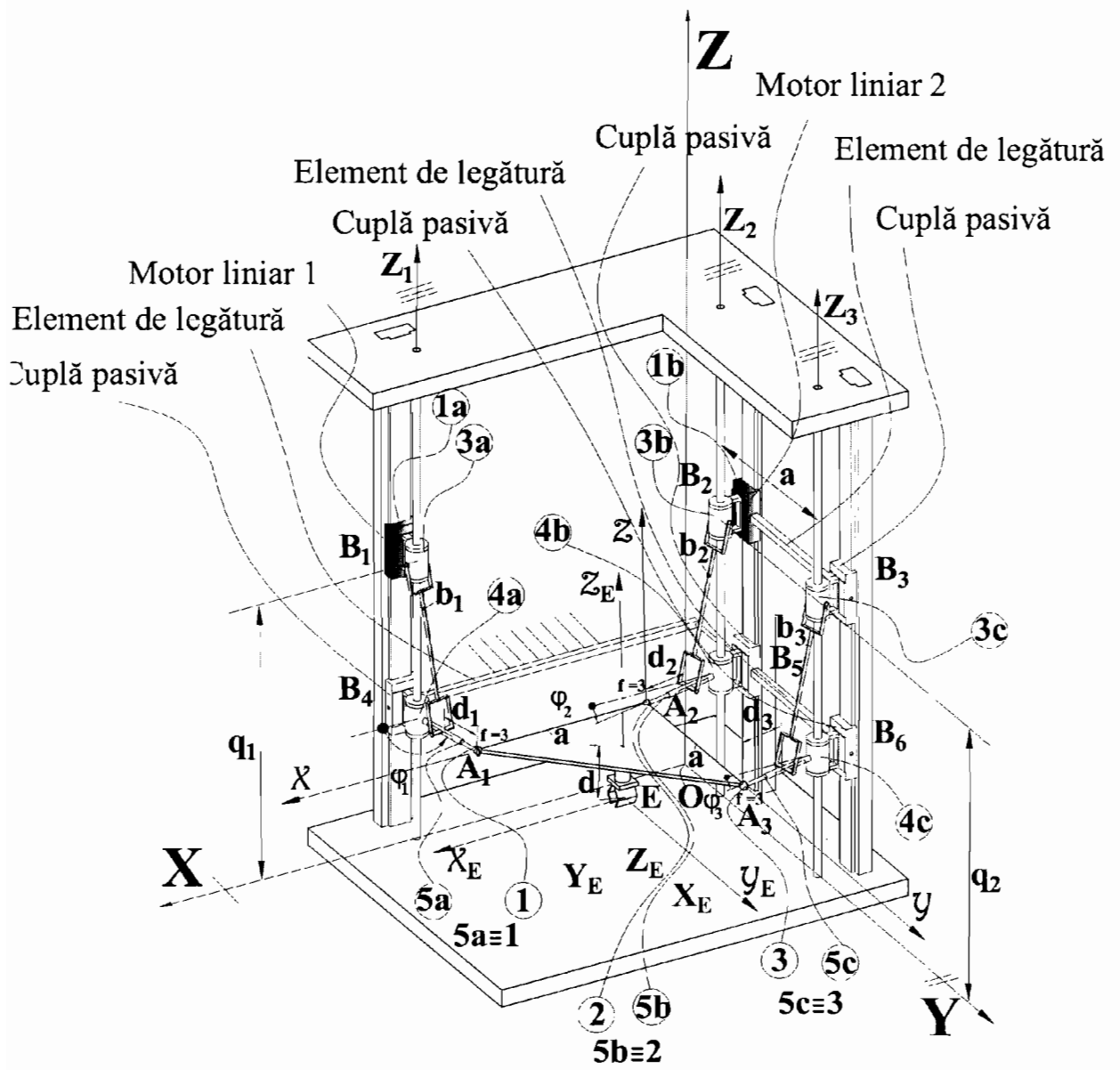
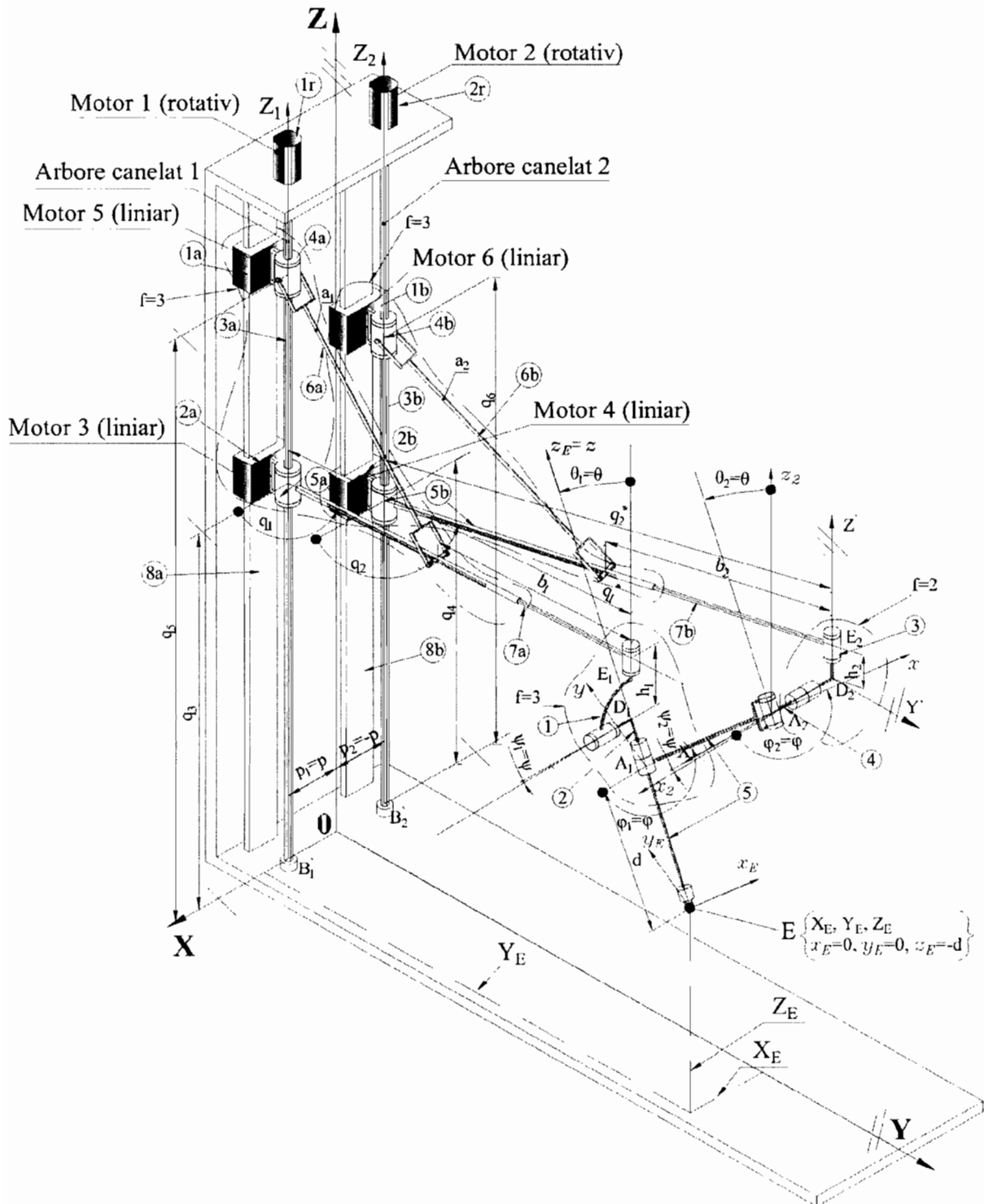


Figura 12

9/8



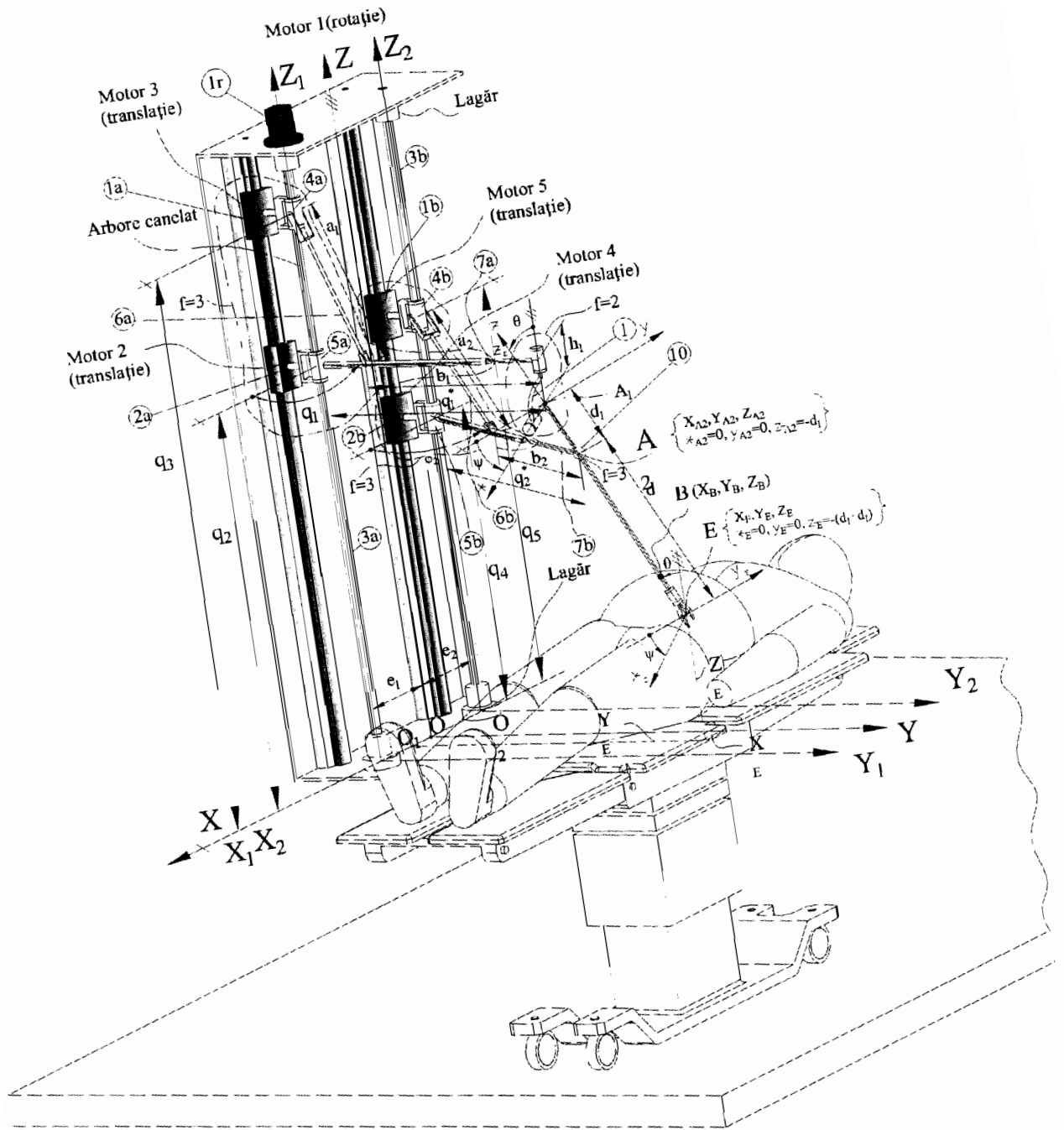


Figura 14

25

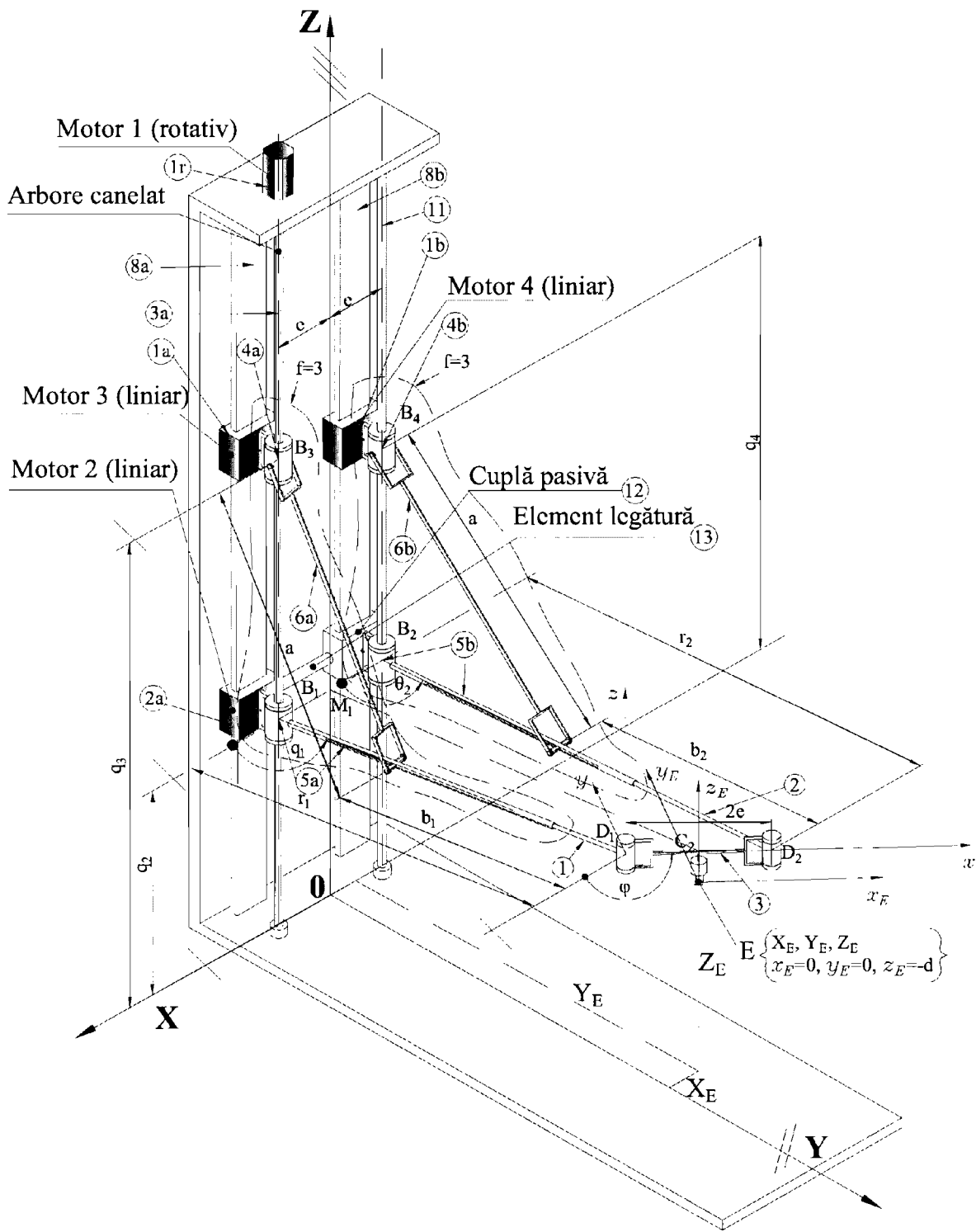


Figura 15

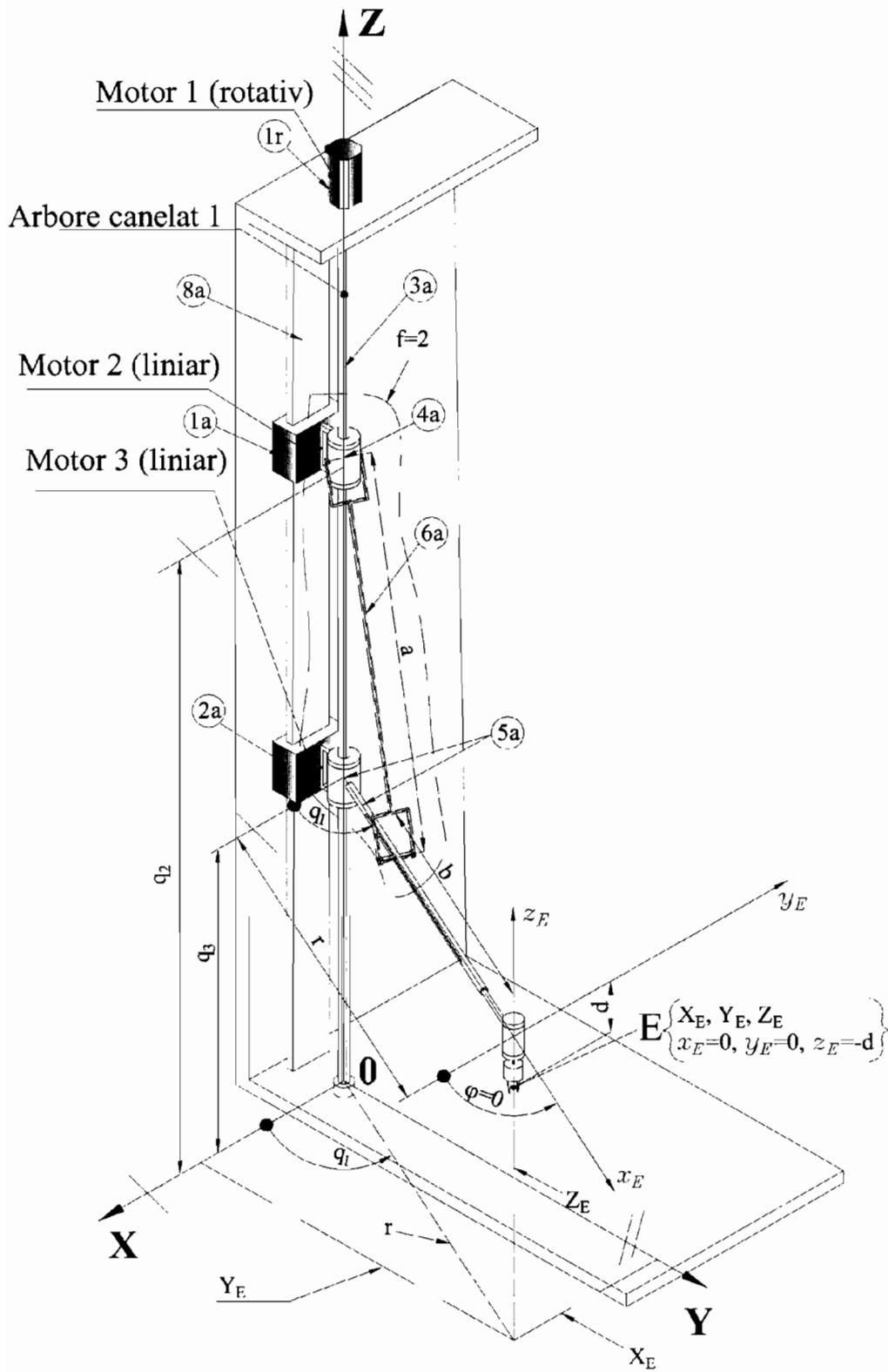


Figura 16

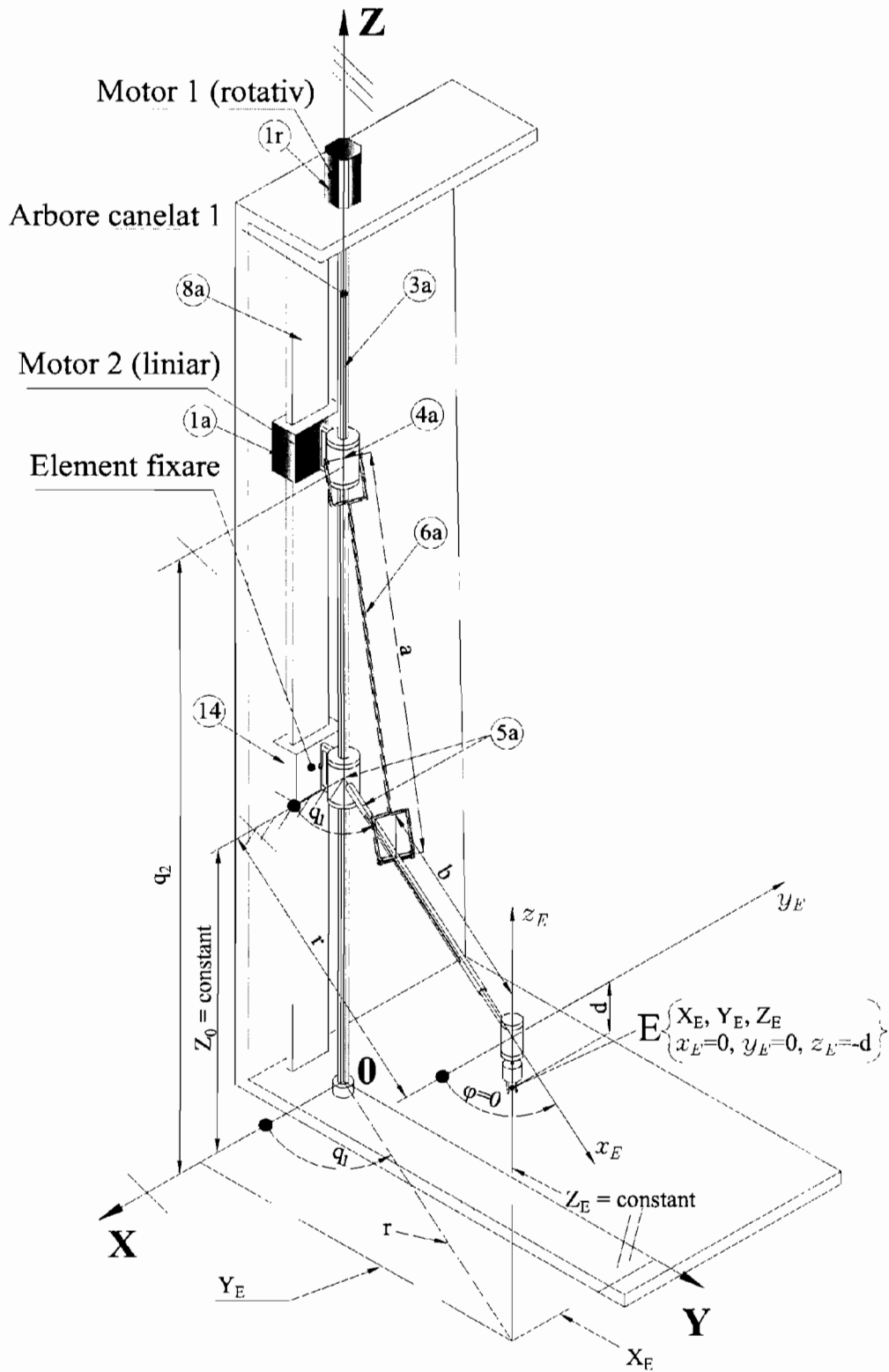


Figura 17

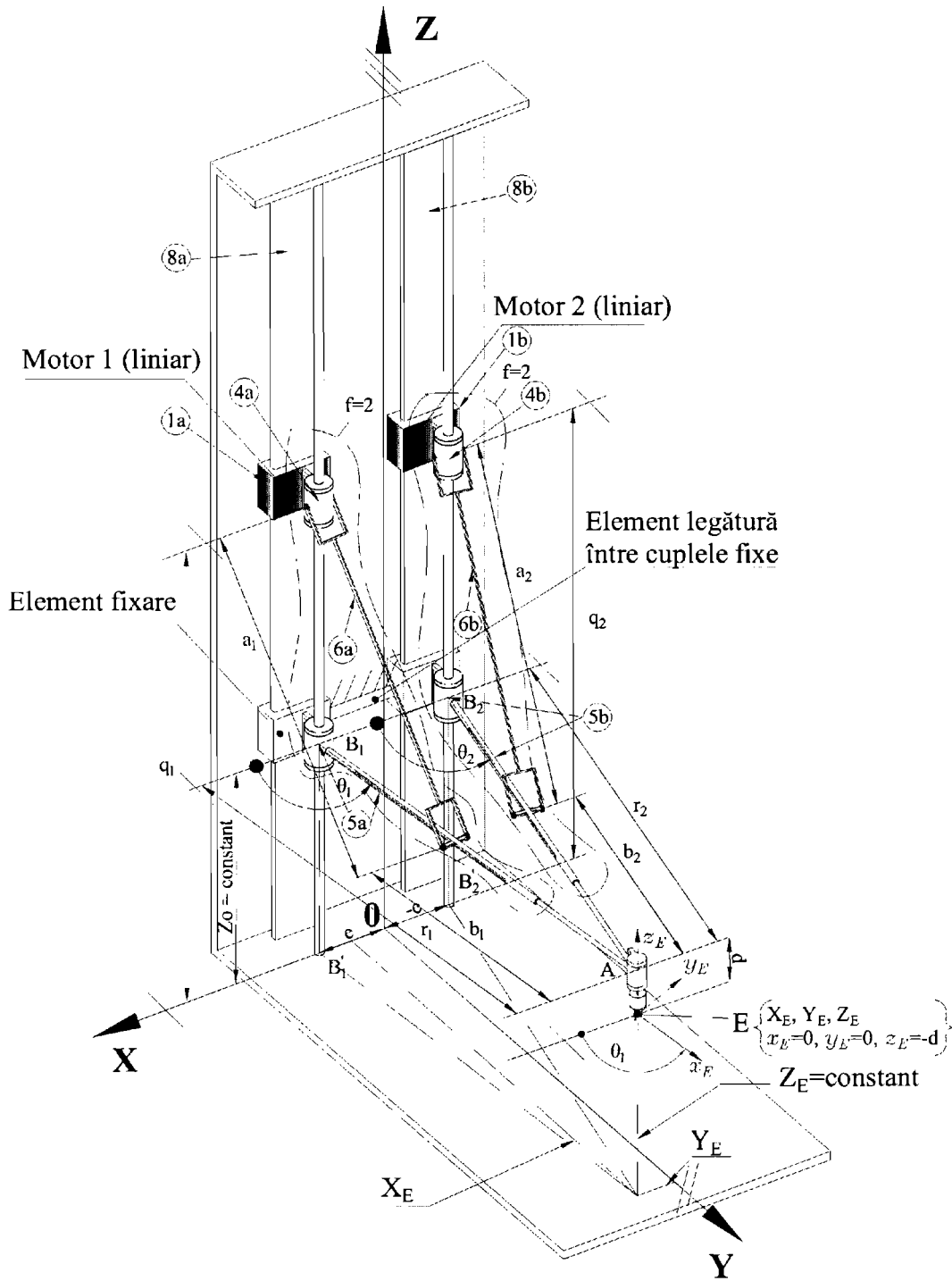


Figura 18

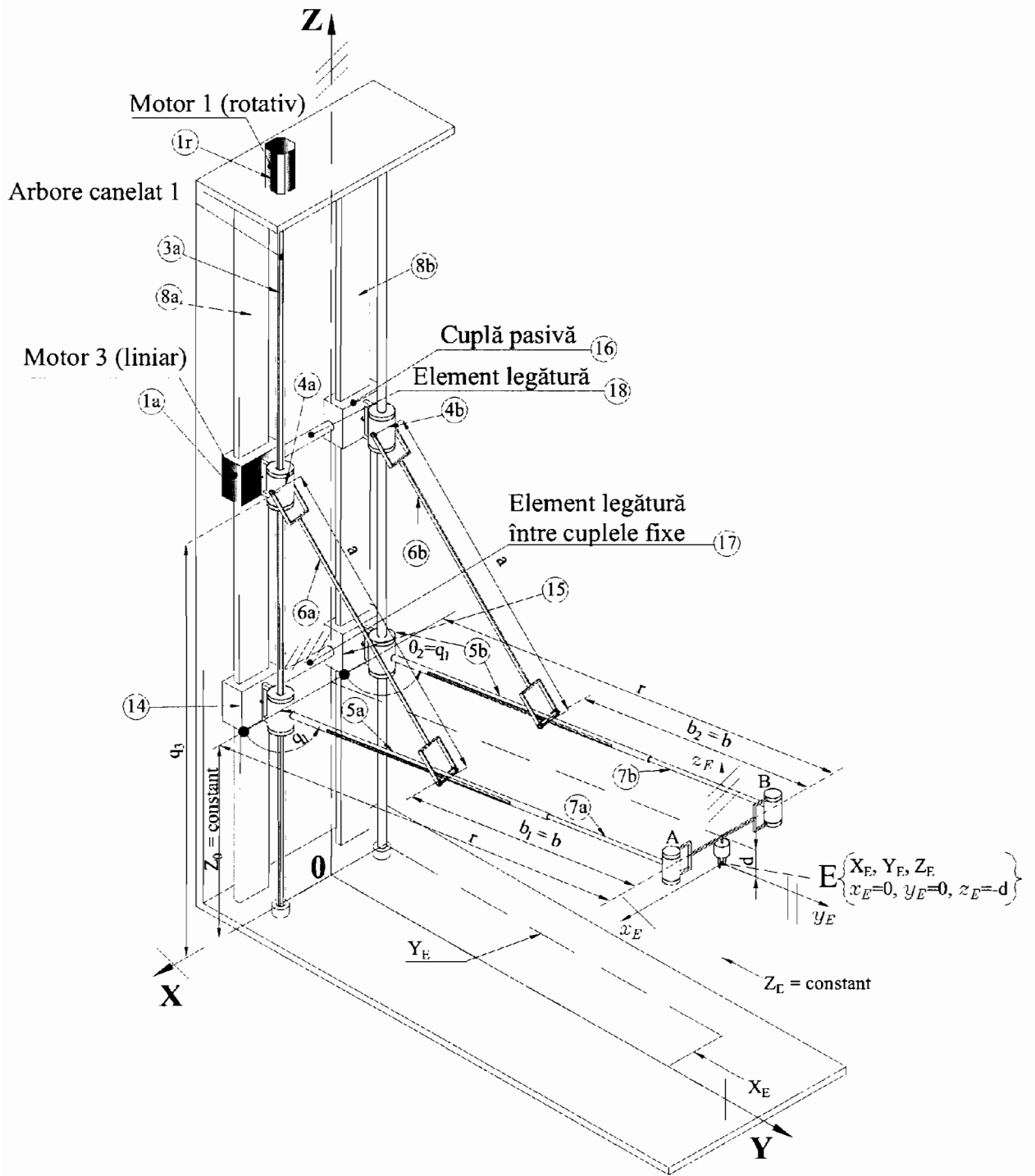


Figura 19

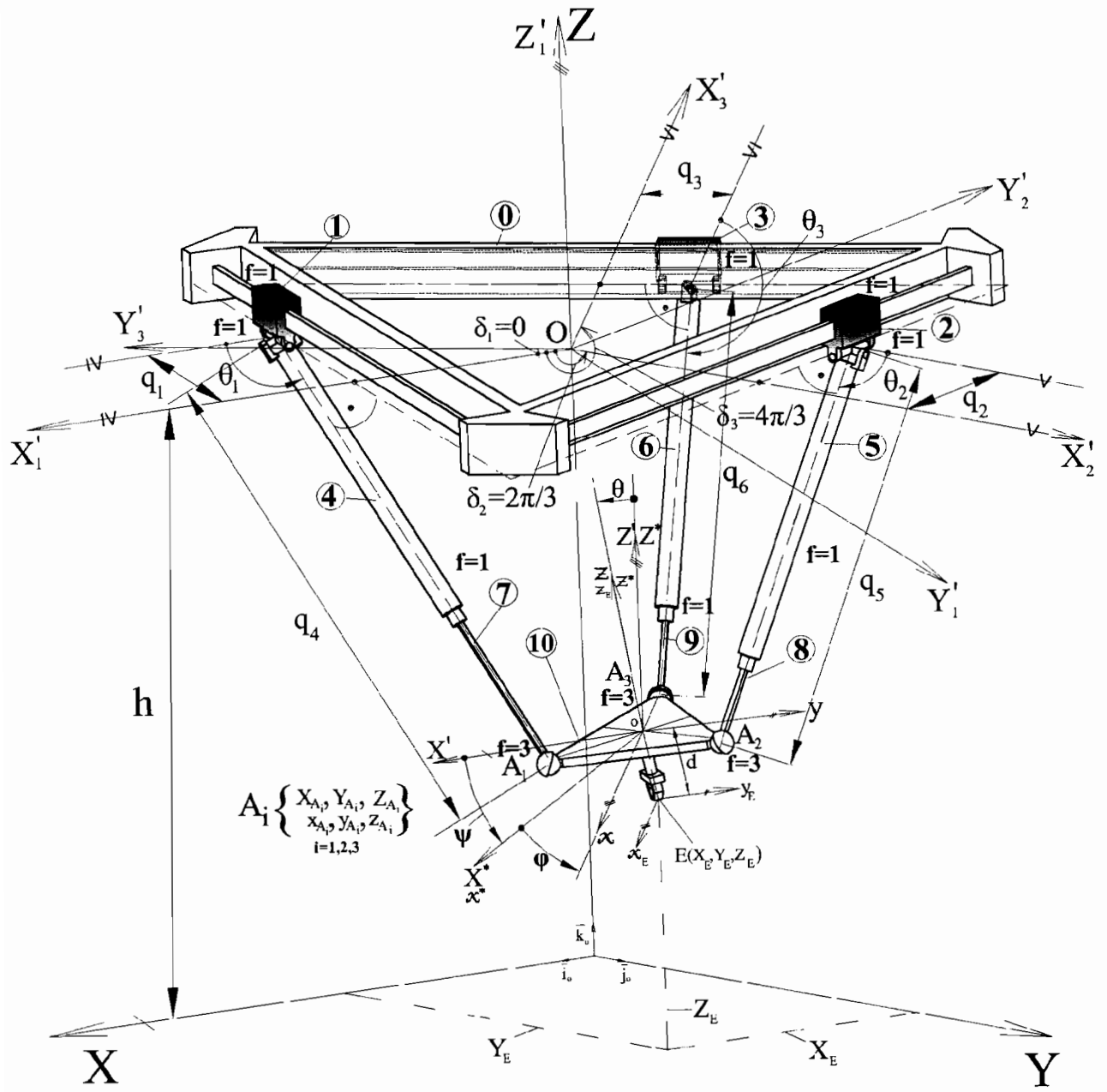


Figura 20

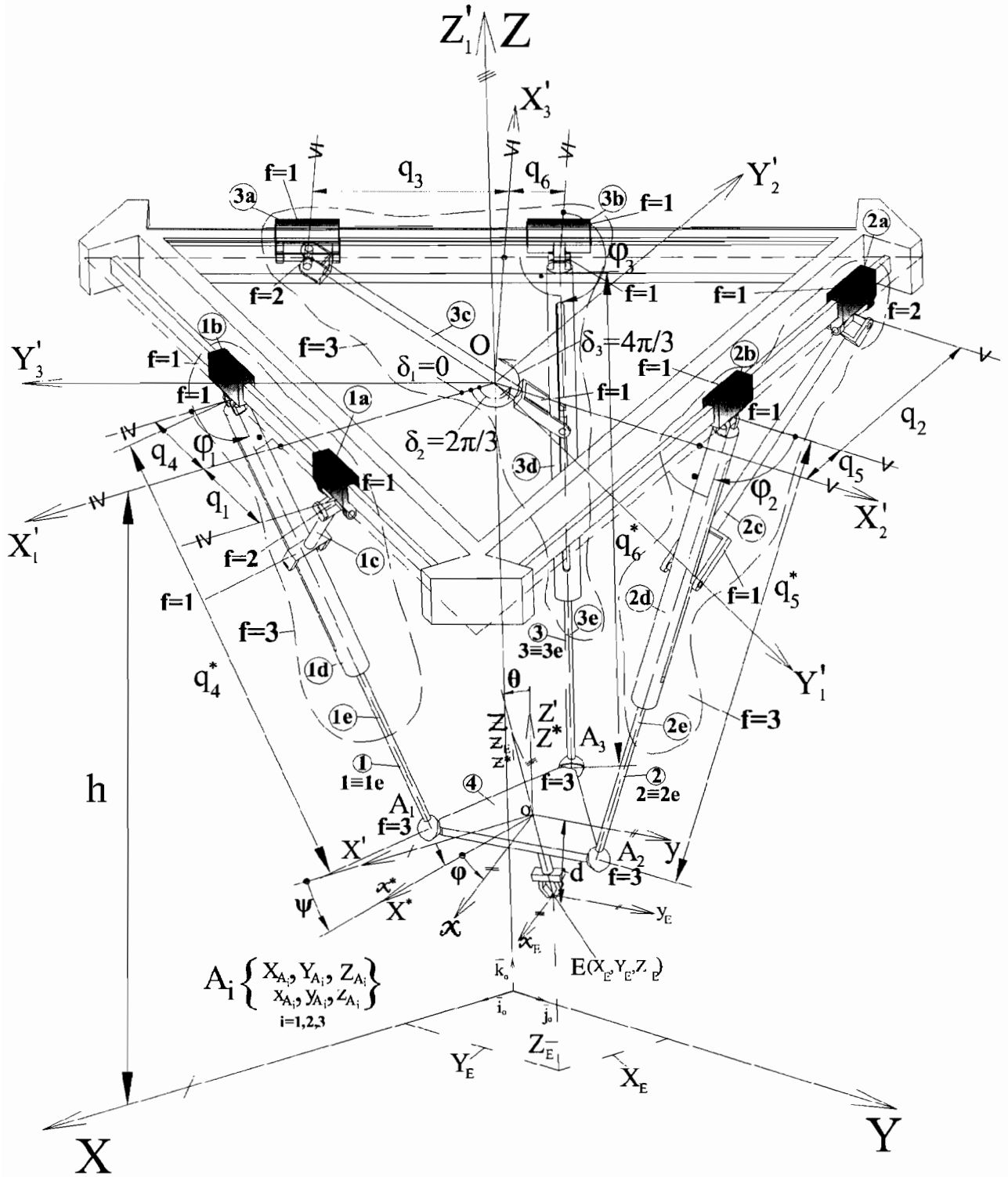


Figura 21

83

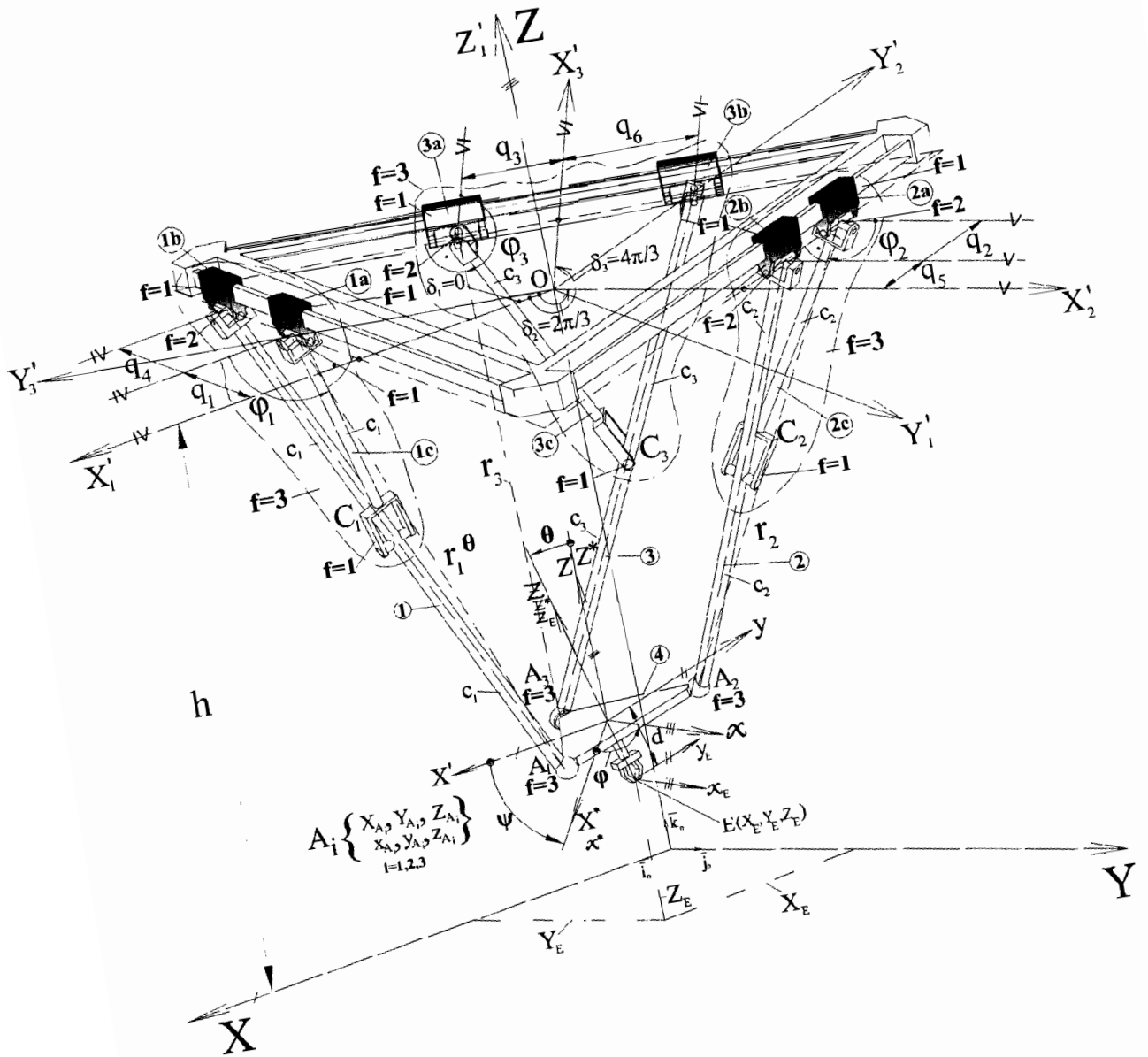


Figura 22