

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00700

(22) Data de depozit: 01/11/2022

(41) Data publicării cererii:  
30/05/2024 BOPI nr. 5/2024

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN  
CLUJ-NAPOCA, STR.MEMORANDUMULUI  
NR.28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;  
• INSTITUTUL DE MECANICA SOLIDELOR  
AL ACADEMIEI ROMÂNE,  
STR.CONSTANTIN MILLE NR.15,  
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• BRISAN CORNEL MIRCEA, 1323 W,  
GILĂU, CJ, RO;

• BARA MIRCEA VIOREL,  
STR.PĂSTORULUI NR.36, CLUJ NAPOCA,  
CJ, RO;  
• MUNTEANU LIGIA, STR.MINERVEI,  
NR.79, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;  
• CHIROIU VETURIA, STR.DOAMNA  
GHICA, NR.3, BL.2, ET.4, SC.A, AP.18,  
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;  
• PRODAN OVIDIU, STR.MAMAIA NR.12,  
AP.17, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;  
• GORGAN SEBASTIAN-RADU, NR.124,  
SAT DERSIDA, COMUNA BOBOTA, SJ, RO

(54) SIMULATOR PENTRU CUTREMURE CU TOPOLOGIE  
HIBRIDĂ ȘI GRADE DE MOBILITATE DECUPLATE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un simulator de cutremure cu topologie hibridă și cinci grade de mobilitate decuplate, destinat simulării mișcărilor seismice. Simulatorul, conform invenției, este compus dintr-o componentă paralelă cu trei grade de mobilitate, având în structura sa două platforme, una fixă (0) și una mobilă (1), conectate între ele prin perechi de elemente (4-5, 6-7, 7-8), fiecare cu o topologie formată dintr-o cuplă sferică, o cuplă de translație și o cuplă de rotație, componenta paralelă fiind înseriată cu o componentă serială cu două grade de mobilitate, formată dintr-o cuplă de translație și o cuplă de rotație, în legătură cu o platformă (3) pe care este amplasat un ansamblu care trebuie încercat la mișcări seismice.

Revendicări: 2  
Figuri: 4

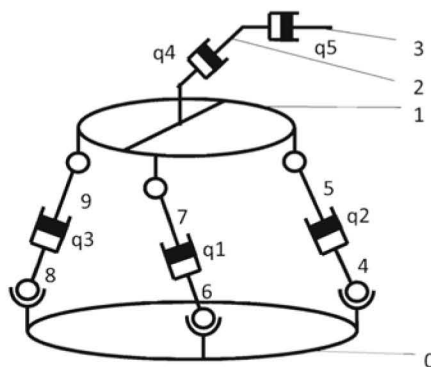


Fig. 2



**DESCRIEREA INVENTIEI**

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr. ....	a 2022 00700
Data depozit .....	0.1-11-2022

**a. Titlul invenției**

**Simulator pentru cutremure cu topologie hibrida si grade de mobilitate decuplate**

**b. Precizarea domeniului de aplicare a invenției**

Invenția se referă la o mecanism cu 5 grade de mobilitate decuplate, cu topologie hibrida destinat simulării mișcărilor seismice.

**c. Precizarea stadiului cunoscut al tehnicii în domeniul obiectului invenției, cu menționarea dezavantajelor soluțiilor tehnice cunoscute**

Primele simulări de cutremur au fost realizate prin aplicarea statică a unor forțe de inerție orizontale la un model matematic al unei clădiri, pe baza accelerațiilor de vârf ale terenului la scară. Abordările statice au început să cedeze locul abordărilor dinamice pe măsură ce tehnologiile de calcul avansau. Testele dinamice asupra structurilor de clădiri și non-clădiri pot fi fizice sau virtuale, cum ar fi testele de tip " masă de vibrații "(termen în engleza „shake-table”).

Primul aparat cunoscut de masă de zguduit acționat manual a fost realizat în Japonia în 1890 . Conceptul de masa de scuturare, așa cum este cunoscut astăzi, a apărut la mijlocul anilor '60 datorită dezvoltării actuatorilor hidraulice însoțite de sisteme de control. O masă de vibrații este compusă, de obicei, dintr-o platformă rigidă care suportă dispozitivul de testare și eșantionul structurii testate. Această platformă este excitată cu un dispozitiv dinamic , mișcarea realizată datorită unuia sau mai multor actuatori.

O masă de scuturare (termen în limba engleza shake table) este un instrument sofisticat care necesită componente de înaltă calitate (în special un actuator puternic capabil să genereze mișcări în timp real) și o întreținere permanentă, toate acestea fiind costisitoare.

În domeniul ingineriei seismice, mesele de zguduit sunt valoroase deoarece sunt singurul dispozitiv experimental care încearcă să reproducă adevărata natură a acțiunii seismice. Acest lucru se realizează prin inducerea unor forțe de inerție realiste în fiecare element de masă al unei structuri prin aplicarea unei mișcări a solului la baza structurii.

Prima înregistrare utilizabilă a unui cutremur real (Long Beach, California, 1933) a devenit disponibilă abia la mijlocul anilor 1940, pe care Ruge a folosit-o în formă analogică ca intrare în masa sa. Al Doilea Război Mondial (1939-1945) a declanșat dezvoltarea unei varietăți de dispozitive de transmisie a energiei, dintre care unul era disponibil la mijlocul anilor 1960 cu un control adecvat al servo-valvelor și putea fi utilizat pentru a introduce cutremurele înregistrate în tabelele de cutremur digitale.

Multe mese de scuturare japoneze pot fi găsite în laboratoarele deținute de marile corporații, cum ar fi Nuclear Power Engineering Corporation din Todotsu, Shikoku, care a fost finalizată în 1982 cu un cost de 200 de milioane de dolari și are un cost lunar de

funcționare de 1 milion de dolari. Masa măsoară 1515 m în lungime și are o capacitate de încărcare de 1000 de tone. Cu o deplasare maximă de la un vârf la altul de 400 mm pe orizontală și 200 mm pe verticală, poate fi excitată atât pe orizontală, cât și pe verticală în același timp. Într-o gamă de frecvențe de 0-30 Hz, viteza maximă a fost de 75 cm/s pe orizontală și de jumătate pe verticală, cu accelerații corespunzătoare de 1,84 și 0,92g.

Construcția de centrale nucleare în Europa, care a început la mijlocul anilor '50, a stârnit interesul pentru proiectarea de mese de scuturare. Masa cu cutie de oțel SAMSON de 55 m a fost construită la mijlocul anilor 1970 în Julich, lângă Köln, în ceea ce era pe atunci Republica Federală Germania.

În Italia, laboratorul ISMES (în prezent CESI) din Bergamo a început să utilizeze o masă de oțel de 44 de metri, cu șase grade de libertate, în 1984, completând-o cu o masă de oțel de 42,5 metri, cu un grad de libertate, în 1986, iar o masă de oțel de 44 de metri la Universitatea Tehnică din Atena a început să funcționeze în 1986. În Italia, ENEA a însărcinat MTS să construiască o masă din aluminiu de 44 de metri, cu șase grade de libertate, care a fost gata pentru testare în 1986.

Cea mai importantă instalație europeană de mese de scuturare este, fără îndoială, cea de la Commissariat a l'Energie Atomique (CEA) din Saclay, lângă Paris. Aceasta include patru mese de 3,13,8 m (un GDL), 22,2 m (un GDL), 22,2 m (doi GDL) și o masă de aluminiu de 66,6 m cu șase GDL. Până la începutul anilor 1990, a folosit un control al acționatorului de tip PID (proporțional integral derivativ) liniar, cu câștig fix, ca toate celelalte mese europene.

Conectarea în rețea a mai multor instalații, construcția limitată de mese foarte mari și investigațiile care utilizează sisteme cu substructură dinamică sunt trei evoluții recente în domeniul testării cu mese de scuturare.

Bine-cunoscutul proiect NEES din Statele Unite, precum și încercările din Europa de a organiza o activitate similară, sunt exemple de creare de rețele. O platformă de 7,6x12 m din San Diego, care poate testa unele tipuri de structuri la scară naturală, este inclusă în NEES, dar exemplul mai semnificativ este masa de 20x15 m de la E-Defense din Japonia (Tagawa și Kajiwara, 2007). Aceasta este singura instalație din lume capabilă să scuture o clădire de 5 etaje la scară naturală în trei dimensiuni, iar de când a fost construită, în 2005, au fost testate 47 de structuri, inclusiv structuri de beton armat la scară naturală, case din lemn, fundații de sol și clădiri și poduri cu schelet de oțel. Din cauza lipsei de capacitate petrolieră, cutremurul din Tohoku din 11 martie 2011 a provocat pagube serioase la mai multe clădiri înalte din Tokyo. Mișcarea de lungă durată este dificil de reprodus în mesele de scuturare. În acest sens, masa E-Defense este în curs de modernizare pentru a genera deplasări mari la o frecvență redusă.

Brevetul EP2933049131/ 2013, autor Masuyama Ryotaro propune un dispozitiv general de testare la vibrații, o varianta particularizată de Platforma Stewart care însă NU are grade de mobilitate decuplate și deci nu permite reproducere particularizată pe tipuri de unde seismice. În plus, aplicabilitatea este generală, de la autoturisme la clădiri.

Brevetul US 4181029/ 1980, autor Charles F Talbott Jr. propune o masa de testare complexa, cu o structura mecanica care permite miscari amortizate pe doua directii. Spre deosebire de actuala propunere nu permite reproducerea tuturor tipurilor de unde si nici reproducerea lor particularizata.

Brevetul US 6263293 B1/ 2001, autor Ronald F Scott propune o structura cu doua grade de mobilitate, care realizeaza vibratii prin deplasari pe roti. Nici acest brevet nu propune simularea tuturor tipurilor de unde seismice.

#### **d. Problema tehnică pe care o rezolvă invenția**

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția se refera la faptul ca simulatoarele actuale de cutremure nu reproduc toate tipurile de unde seismice.

O analiza a tipurilor de unde care sunt asociate unei miscari seismice arata ca acestea pot fi unde primare P, secundare S, Love L si respectiv Rayleigh R. In ceea ce priveste directia de actiune a acestora (Figura 1) se observa ca produc miscari pe patru directii, atat translatii pure cat si miscari complexe, similare cu cele de rotatie. Se observa de asemenea ca indiferent cat de complexa este miscarea seismica, aceasta nu produce miscari de rotatie in jurul axei verticale.

Actualele simulatoare reproduc doar undele P, S si uneori L.

Invenția de față rezolvă problema tehnică menționată propunand un mecanism hibrid (denumit **SiHi5 – Simulator Hibrid 5**), cu 5 grade de libertate capabil sa reproduca toate tipurile de unde seismice (Figura 2).

Mecanismul SiHi5 (Figura 2) este compus dintr-o componenta paralela si respectiv o componenta seriala. Cele doua componente sunt inseriate.

Componenta paralela are in structura doua platforme, una fixa (0) si una mobila (1). Cele doua platforme sunt conectate prin trei lanturi cinematice identice din punct de vedere structural (perechile de elemente 4-5, 6-7, 7-8), avand o topologie formata dintr – o cupla sferica, o cupla de translatie si respectiv una de rotatie. Cupla sferica se conecteaza la platforma fixa iar cea de rotatie la platforma mobila.

Componenta seriala este formata din doua cuple, una de translatie in lungul axei OX si respectiv una de translatie in lungul axei OY.

**e. Prezentarea soluției tehnice a invenției, cu evidențierea elementelor de creație științifică sau tehnică originale care rezolvă problema tehnică menționată**

Dupa cum s a prezentat, mecanismul SiHi5 are o componenta paralela si una seriala. Ansamblu ce se doreste a fi incercat la o miscare seismica simulata se monteaza pe platforma 3.

Gradul de mobilitate al mecanismului SiHi5 este dat de relatia:

$$M=MP+MS \quad (1)$$

Componenta seriala este din punct de vedere topologic un lant cinematic deschis, avand in structura doua cuple de translatei. Gradul de mobilitate al componentei seriale este:

$$MS = 2 \quad (2)$$

Componenta paralela are gradul de mobilitate dat de relatia:

$$MP = 6n - 5C_5 - 4C_4 - 3C_3 - 2C_2 - C_1, \quad (3)$$

unde n este numărul elementelor cinematice mobile și  $C_i \{i=1..5\}$  este numărul cuplelor de clasa i din lanțul cinematic (au i miscari blocate).

In cazul mecanismului din figura 2 avem:

$$n=7, C_5=6, C_4=0, C_3=3, C_2=C_1=0. \quad (4)$$

Rezulta:

$$MP = 3 \quad (5)$$

In final, pentru SiHi5, rezulta gradul de mobilitate:

$$M = 5 \quad (6)$$

In legatura cu mecanismul SiHi5 (Figura 3) se pot evidentia urmatoarele elemente de originalitate ale solutiei propuse:

1.  $MP=3$  inseamna ca se pot alege trei cuple motoare. In cazul acestei propuneri cele trei cuple de translatie, cu miscari caracterizate de parametrii  $q_1, q_2, q_3$  se considera a fi cuple motoare. De asemenea, se observa ca miscarile elementare absolute, posibil de efectuat de platforma mobila „1” sunt doua rotatii  $O_1$  si  $O_2$  si respectiv o translatie  $O_3$ .
2. Miscarile  $O_1, O_2, O_3$  sunt miscari decuplate, dupa cum urmeaza: a)  $O_1$  se obtine daca se actioneaza  $q_1$  dar nu se actioneaza  $q_3$  si  $q_2$  b)  $O_2$  se obtine daca se actioneaza  $q_3$  dar nu se actioneaza  $q_1$  si  $q_2$ . c)  $O_3$  se obtine daca se actioneaza  $q_1, q_2, q_3$  cu aceeasi valoare.
3. Corespondenta dintre miscarile simulate si respectiv miscarile undelor seismice este dupa cum urmeaza: miscarile  $O_1$  si  $O_2$  corespund (in functie de directia de

deplasare a undei seismice luate in considerare) undelor de tipul R; miscarea O3 corespunde undei seismice de tip S; q4 corespunde undelor seismice de tipul L iar q5 undelor seismice de tipul P.

**f. Prezentarea unuia sau mai multor exemple concrete de realizare a invenției, cu referire la figurile din desenele explicative ale invenției, în cazul în care sunt și desene**

In figura 4 este prezentat mecanismul SiHi5.

**g. Prezentarea avantajelor rezultate din aplicarea invenției**

Prin aplicarea invenției se obțin următoarele avantaje:

- se pot genera miscari similare cu toate tipurile de unde seismice.
- toate miscarile care se pot genera cu SiHi5 sunt decuplate, fapt care permite simularea oricarui cutremur, indiferent de combinatia de miscari care caracterizeaza respectivul cutremur.

**REVENDICĂRI**

1. Simulatorul de cutremure SiHi este **caracterizat prin aceea ca** are structura hibrida, formata prin inserierea unei componente paralele cu o componenta seriala.
2. Simulatorul de cutremure SiHi este **caracterizat prin aceea ca** are grade de mobilitate decuplate la nivelul elementului final, corespunzatoare principalelor tipuri de unde seismice, dupa cum sunt prezentate in Tabelul 1:

Tabelul 1

<b>Nr. crt</b>	<b>Unda seismica</b>	<b>Miscare simulator</b>
<b>1</b>	P	q5
<b>2</b>	S	O3
<b>3</b>	L	q4
<b>4</b>	R	O1 / O2

FIGURI

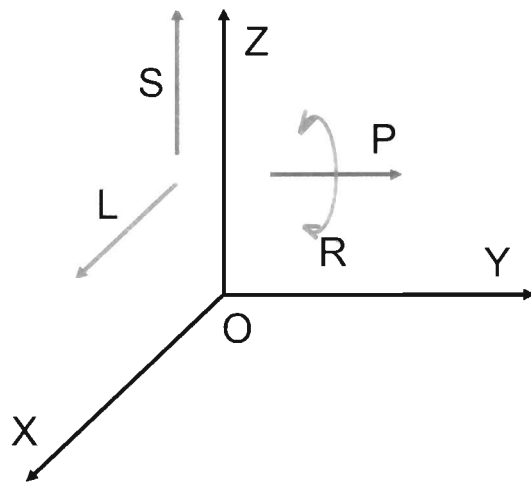


Figura 1

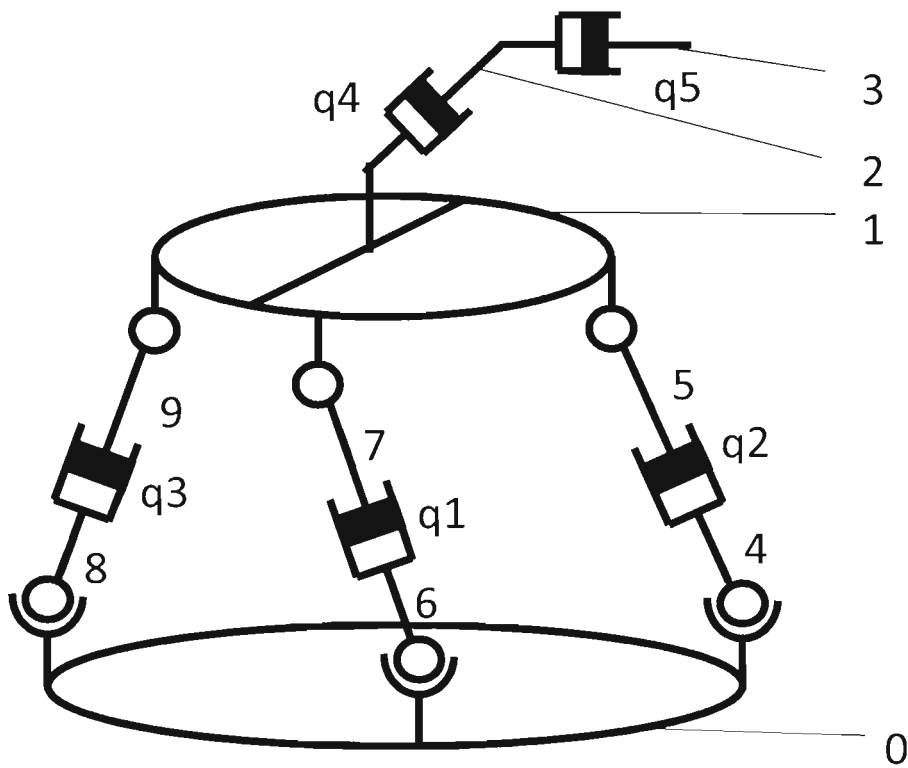


Figura 2



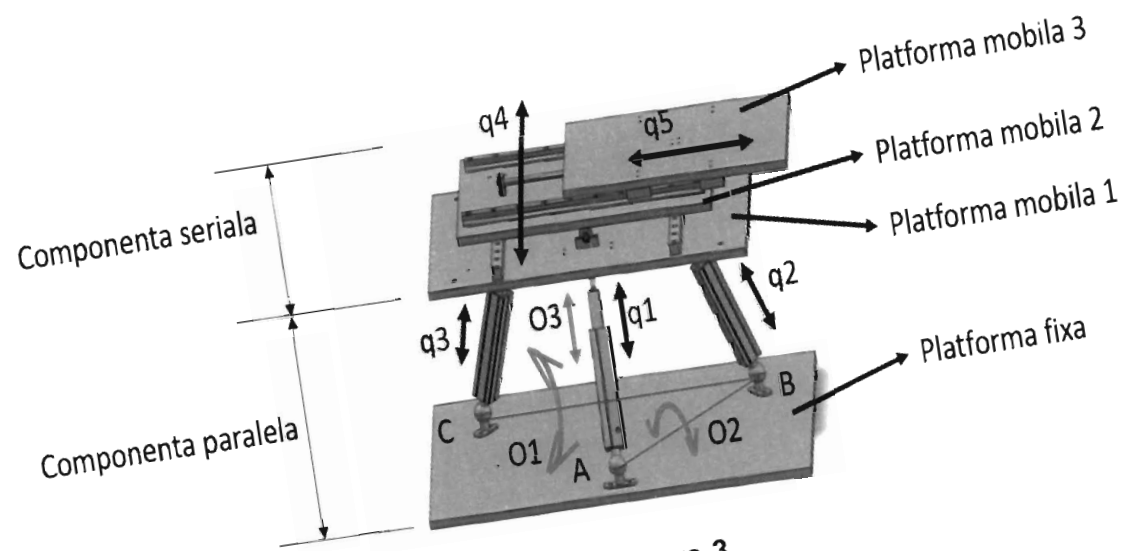


Figura 3

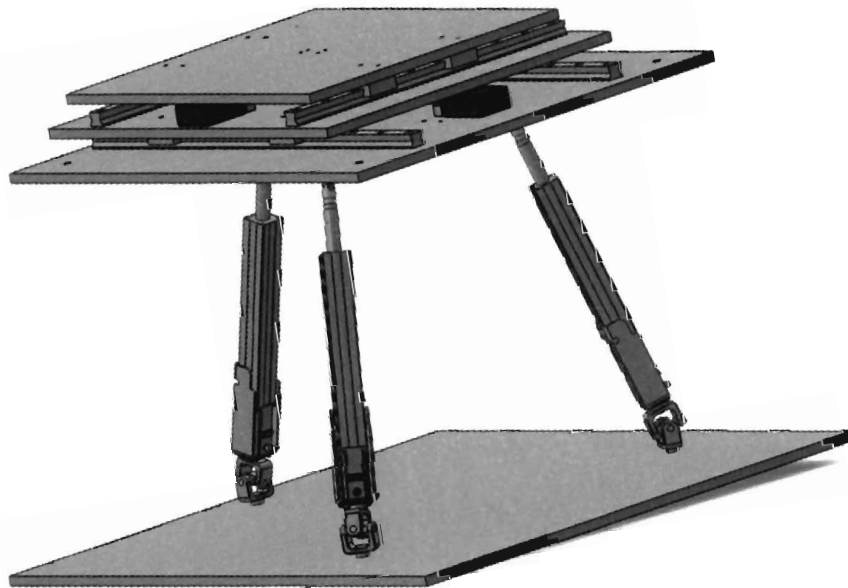


Figura 4