



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2016 00950

(22) Data de depozit: 05/12/2016

(41) Data publicării cererii:
30/08/2017 BOPI nr. 8/2017

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

(72) Inventatori:
• MOGA DANIEL, STR. GAROAFELOR
NR.13, BL.A11, AP.8, JIBOU, SJ, RO;
• KOVACS ISTVAN, STR. JEAN JAURES
NR. 12A, CLUJ NAPOCA, CJ, RO;
• STROIA NICOLETA, NR. 299A,
SAT OGRA, COMUNA OGRA, MS, RO;
• MUNTEANU MIHAI STELIAN,
STR. CARIEREI NR. 2, CLUJ-NAPOCA, CJ,
RO;

• MOGA ROZICA GABRIELA,
STR.GHEORGHE DOJA NR.52, JIBOU, SJ,
RO;
• MUNTEANU RADU ADRIAN,
STR.ALEXANDRU VLAHUȚĂ, BL.LAMA C,
ET.7, AP.29, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;
• VITAN EUGEN, BD. TRANSILVANIA
NR.118, BL.36, SC.A, ET.2, AP. 7,
CLUJ NAPOCA, CJ, RO

(74) Mandatar:
CABINET DE PROPRIETATE
INDUSTRIALĂ CIUPAN CORNEL,
STR. MESTECENILOR NR. 6, BL. 9E, SC.1,
AP. 2, CLUJ NAPOCA, JUDEȚUL CLUJ

(54) SISTEM AUTOMAT PENTRU MĂSURAREA POZIȚIEI
FIRELOR PENDUL

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem automat pentru măsurarea, pe două direcții ortogonale, a coordonatelor unui fir pendul. Sistemul conform invenției cuprinde o platformă hardware ce realizează măsurarea coordonatelor firului pe două direcții ortogonale, folosind două ansambluri de măsurare optice (1, 3), cu axele de măsurare decalate la 90°, fiecare ansamblu cuprinzând o arie liniară de senzori fotosensibili CCD (7), și un șir de leduri (8) echidistante, cu lumină cvasi-paralelă, determinarea poziției firului realizându-se independent pe fiecare dintre cele două axe de măsurare, pe baza unui algoritm implementat în microcontrolerele unor unități de procesare (2, 4), având la bază poziția umbrelor firului, proiectate asupra ariei de senzori fotosensibili (7), umbre ce sunt obținute prin aprinderea secvențială a ledurilor (8), valorile măsurate fiind preluate de un microcontroler (5) care asigură memorarea și afișarea locală, pe un panou operator local (6), a valorilor estimate ale coordonatelor firului.

Revendicări: 2
Figuri: 6

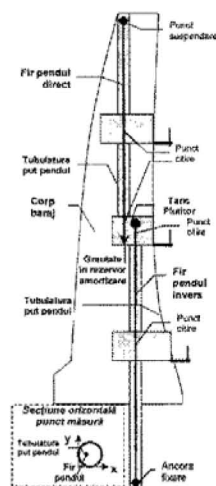
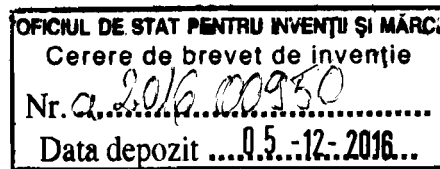


Fig. 1

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).





Sistem automat pentru măsurarea poziției firelor pendul

Invenția de față se referă la un sistem automat pentru măsurarea poziției firelor pendul, ce asigură măsurarea pe două direcții ortogonale din planul orizontal x și y a coordonatelor unui fir pendul amplasat perpendicular pe planul de măsură și transmisia pe o rețea de comunicație a acestor coordonate, către un echipament de achiziție date. Firele pendul sunt realizări fizice ale vectorului gravitațional.

Domeniul principal de utilizare al invenției este măsurarea automată a deplasării orizontale a construcțiilor mari, precum barajele hidrotehnice, având ca reper firele pendul gravitaționale montate în aceste construcții. Sistemul propus poate fi folosit în punctele de măsurare la pendulele directe sau inverse. Pendulul direct (fir cu plumb) constă dintr-un fir de oțel inoxidabil suspendat într-un punct fix în partea de sus a construcției și o greutate într-un rezervor de amortizare.

Pendulul invers este un fir din oțel inoxidabil, ancorat în fundația construcției cu un flotor fixat la extremitatea superioară. Flotorul, care se mișcă liber într-un rezervor, întinde firul și îl menține pe direcția perfect verticală (vezi Figura 1).

Fiind ancorat în roca de fundație, pendulul invers este folosit ca referință pentru deplasarea absolută a construcției în măsurători geodezice.

Deplasarea pe orizontală a construcției, în raport cu firul pendul, pe două axe perpendiculare (axele x și y), este măsurată fie cu ajutorul unui instrument optic portabil numit coordiscop, fie cu sisteme automate întâlnite sub denumirea de telependule.

Sistemele automate actuale cunoscute pentru măsurarea poziției firelor pendul sunt fie sisteme opto-mecanice, care folosesc senzori de tip bariere optice amplasate pe cărucioare mobile, deplasate folosind motoare, pentru a detecta poziția firelor pendul, fie sisteme integral optice, care folosesc ansambluri de măsurare formate din sursă de lumină paralelă și arii liniare de senzori foto-electrici care detectează poziția firului pe baza poziției umbrei firului proiectate pe aria liniară de senzori foto-electrici.

În categoria sistemelor integral optice, în care se încadrează și sistemul propus de invenție, sunt cunoscute sistemele:

- BGK 6850 Pendulum Readout- a firmei GEOKON
- RxTx Telependulum System-comercializat de firma RST Instruments Ltd.
aceste sisteme folosesc arii liniare de senzori optici și surse de lumină paralelă realizate cu sisteme de lentile colimatoare;

- Tependul model TPCTH 02 -comercializat de firma S.C. CONTECH GROUP SRL, care folosește arii liniare de senzori optici CCD și surse de lumină liniarizate cu un sistem de lentile Fresnel de precizie;
- Sistemul Telelot VDD-al firmei Huggeberger AG care folosește arii liniare de senzori optici.

Soluția propusă de invenție constă în utilizarea unei surse de lumină formată dintr-un șir echidistant de LED-uri cu lumină quasi-paralelă care se pot activa individual.

Invenția constă în realizarea unui sistem automat pentru măsurarea poziției firelor pendul, cu ajutorul unui modul optoelectronic echipat cu două ansambluri de măsurare optice, cu axele de măsurare decalate la 90°, situate în planuri orizontale diferite pentru a nu interfere optice. Sistemul măsoară deplasarea aparentă, pe două direcții ortogonale din planul orizontal (axa x și axa y), a firelor pendul directe sau inverse, față de corpul construcției.

Fiecare ansamblu de măsurare optic, al sistemului propus de invenție, constă din:

- o sursă de lumină formată dintr-un șir echidistant de diode electro-luminiscente (LED) cu lumină quasi-paralelă ce se pot activa prin comanda individuală și
- o arie liniară de senzori foto-sensibili de tip CCD (Charge Coupled Device), a căror funcționare este coordonată de câte o unitate de procesare cu microcontroler.

Poziția firului, pe fiecare din cele două axe de măsură, se calculează cu ajutorul unui algoritm implementat în microcontroler, având la bază poziția umbrei firului proiectate asupra ariei de senzori foto-sensibili. Valorile coordonatelor firului sunt memorate și afișate local, împreună cu marca de timp, iar apoi transmise pe o rețea de comunicație, către un echipament de achiziție date, cum ar fi PC, tabletă sau telefon mobil.

Algoritmul de calcul al poziției firului pe o axa de măsurare, consideră LED-urile ca surse de lumină punctiformă și estimează punctul în care dreapta ce unește centrul LED-ului cu centrul firului întâlnește planul senzorului CCD prin detecția centrului umbrei firului.

Avantajele pe care le are prezenta invenție sunt următoarele:

- măsurarea se face la distanță;
- ansamblul de măsurare optic are un cost redus;
- ansamblul de măsurare optic are un consum redus de energie;
- ansamblul de măsurare optic nu folosește piese în mișcare;
- ansamblul de măsurare optic folosește componente microelectronice uzuale;
- ansamblul de măsurare optic nu necesită tehnologii de asamblare complicate;

- se folosește un algoritm de calcul care evită necesitatea unor procedee complicate de calibrare.

În cele ce urmează este prezentat un exemplu de realizare a invenției în legătură și cu figurile 1-6 , care reprezintă:

Figura 1 - *Exemplu de pendul direct și pendul invers montate într-un baraj;*

Figura 2- *Schema bloc sistem automat pentru măsurarea poziției firelor pendul propus în invenție;*

Figura 3 - *Schema de principiu ansamblu de măsurare optic propus în invenție;*

Figura 4 - *Desen geometric pentru algoritm calcul poziție fir propus în invenție;*

Figura 5 - *Organigrama algoritmului unui ciclu de detecție și calcul a poziției firului;*

Figura 6 - *Desen mecanic de realizare ansambluri optice de măsurare axa x și axa y*

Sistemul descris în Figura 2 constă din două ansambluri de măsurare optice, un prim ansamblu **1** pentru axa de măsură x și un al doilea ansamblu **3** pentru axa de măsură y, ansambluri care au axele de măsurare decalate la 90°, situate în planuri orizontale diferite pentru a nu interfere optic, a căror funcționare este comandată de câte o unitate de procesare cu microcontroler **2** și **4**.

Poziția firului, pe fiecare din cele două axe de măsură, se determină independent pe baza unui algoritm implementat în microcontrolerele unităților de procesare **2** și **4**, având la bază poziția umbrelor firului proiectate asupra ariei de senzori foto-sensibili.

Un Bloc de Comandă și Comunicație (BCC) **5** , realizat cu microcontroler, asigură alimentarea cu tensiunea și citirea, prin intermediul unei magistrale locale a rezultatelor măsurătorilor unităților de procesare cu microcontroler aferente axelor **2** și **4**.

Blocul de Comandă și Comunicație (BCC) **5** asigură memorarea și afișarea locală pe un panou-operator local **6**, a valorilor măsurate a coordonatelor firului, împreună cu marca de timp, iar apoi transmiterea acestor valori la distanță, printr-o rețea de comunicație, către un echipament de achiziție date **9** , cum ar fi PC, tabletă sau telefon mobil, la cererea acestuia.

Fiecare din cele două ansambluri de măsurare optice **1** și **3** are în componentă o arie liniară de senzori foto-sensibili CCD **7** și un șir de LED-uri echidistante **8**, cu lumină quasi-paralelă, amplasate paralel, față în față, așa cum sunt indicate în Figura 3, având firul a cărui poziție trebuie detectată situat între ele.

LED-urile **8** sunt aprinse secvențial, iar aria de senzori **7** este citită pentru a detecta dacă există o zonă umbră, iar apoi centrul umbrei proiectate pe aria de senzori **7** este estimat.

Poziția centrului umbrei firului este exprimată în număr de pixeli relativ la pixelul 0 al ariei liniare CCD. Se generează astfel secvențial un tabel ce conține diferența dintre axa LED-ului curent activat (exprimat în pixeli CCD) și centrul umbrei firului proiectate, atunci când acel LED este activat, pentru toate LED-urile ansamblului. Pentru LED-urile ce nu generează umbră, tabelul conține un cod de eroare.

Analizând acest tabel se determină cele două poziții adiacente la care diferența devine din pozitivă, negativă. Acesta înseamnă că firul este situat între axele celor două LED-uri corespunzătoare acestor înregistrări memorate în tabel.

Justificarea algoritmului de calcul propus de invenție se face cu ajutorul desenului geometric din Figura 4, conform cu notațiile:

- L_i ultimul LED ce produce umbră spre dreapta axei sale de simetrie;
- L_{i+1} primul LED ce produce umbră spre stânga axei sale de simetrie;
- D -distanța dintre plan LED-uri și plan senzor CCD;
- X, Y –coordonatele centru fir pendul în raport cu pixelul 0 CCD;
- X_0 – coordonata x axa LED L_i ce generează centru umbră la dreapta;
- p – pasul de amplasare LED –uri;
- a – distanța dintre axa LED L_i și axa umbrei generată de acest LED pe senzorul CCD;
- b – distanța dintre axa LED L_{i+1} și axa umbrei generată de acest LED pe senzorul CCD;
- x – distanța dintre axa LED L_i și centru fir pendul.

Distanțele, respectiv coordonatele precizate sunt exprimate în pixeli CCD.

Dacă aproximăm ca centru al umbrei firului punctul în care dreapta ce unește centrul LED-ului cu centrul firului întâlnește planul senzorului CCD și aproximăm LED-urile ca surse de lumină punctiformă avem:

In triunghiul cu vârful centrat pe L_i : $a/x = D/(D-Y)$

In triunghiul cu vârful centrat pe L_{i+1} : $b/(p-x) = D/(D-Y)$

Rezultă : $a/x = b/(p-x)$, adică $ap - ax = bx$, deci $x = ap/(a+b)$.

Prin urmare coordonata absolută X a firului pendul poate fi estimată prin formula $X = X_0 + ap/(a+b)$,

asadar se poate calcula din coordonatele citite de senzorul CCD pentru centrele umbrelor corespunzătoare LED-urilor aprinse L_i și L_{i+1} , indiferent de diametrul \emptyset coordonata Y a firului și de distanța D dintre plan LED-uri și plan senzor CCD.

Prin urmare algoritmul evită necesitatea unor procedee complicate de calibrare pentru diverse diametre de fir, diverse poziții ale firului pe axa complementară axei de măsurare și diverse distanțe D dintre plan LED-uri și plan senzor CCD.

Algoritmul unui ciclu de detecție și calcul al poziției firului care este implementat în microcontrolerele unităților de procesare **2** și **4**, este descris în organigrama din Figura 5. Coordonata absolută a firului, calculată inițial în pixeli CCD este convertită apoi în milimetri.

Algoritmul permite compensarea lipsei de paralelism a sursei de lumină realizate cu șirul de LED-uri **8** cu lumina quasi-paralelă. Această soluție reduce drastic atât costul sistemului automat pentru măsurarea poziției firelor pendul în comparație cu sistemele ce utilizează surse de lumină paralelă, realizate cu ansambluri scumpe de lentile optice și cât și consumul de energie asociat cu folosirea acestui tip de surse luminoase.

Blocurile componente ale sistemului sunt protejate în cutiile etanșe **10**, **11**, **12** și **13** pentru a rezista condițiilor de umiditate din locurile de amplasare, conform Figurii 6. Suportul ansamblurilor optice **14** se prevede cu o decupare pentru a facilita montajul acestora în jurul firului pendul, fără a necesita demontarea acestuia.

REVENDICARI

1. Sistem automat pentru măsurarea poziției firelor pendul, ce asigură măsurarea, pe două direcții ortogonale din planul orizontal, x și y , a coordonatelor unui fir pendul amplasat perpendicular pe planul de măsură și transmiterea printr-o rețea de comunicație a valorilor acestor coordonate, către un echipament de achiziție date, **caracterizat prin aceea că** este realizat pe o platformă hardware care realizează măsurarea coordonatelor firului pe două direcții ortogonale, folosind două ansamble de măsurare optice **1** și **3**, cu axele de măsurare decalate la 90° , situate în planuri orizontale diferite, având fiecare în componentă o arie liniară de senzori foto-sensibili CCD **7** și un șir de LED-uri echidistante cu lumină quasi-paralelă **8**, determinarea poziției firului realizându-se independent pe fiecare din cele două axe de măsură pe baza unui algoritm implementat în microcontrolerele unităților de procesare **2** și **4**, având la bază poziția umbrelor firului proiectate asupra ariei de senzori foto-sensibili, umbre obținute prin aprinderea secvențială a LED-urilor șirului de LED-uri **8**, valorile măsurate fiind preluate de un Bloc de Comandă și Comunicație realizat cu microcontroler **5** care asigură memorarea și afișarea locală pe panoul operator local **6** a valorilor estimate ale coordonatelor firului, împreună cu marca de timp, iar apoi transmiterea acestor valori la distanță, pe o rețea de comunicație, către un echipament de achiziție date **9**, cum ar fi PC, tabletă, etc. la cererea acestuia.

2. Sistem automat pentru măsurarea poziției firelor pendul conform revendicării **1**, **caracterizat prin aceea că** algoritmul implementat în microcontrolerele unităților de procesare **2** și **4**, asigură compensarea lipsei de paralelism a luminii obținute cu șiruri de LED-uri cu lumină quasi-paralelă **8**, determinând independent poziția firului de cele două axe de măsură ortogonale, indiferent de valoarea \emptyset a diametrului și de poziția firului pe axa complementara axei de măsurare și indiferent de distanța dintre plan LED-uri **8** și plan senzor CCD **7**, evitând necesitatea unor procedee complicate de calibrare pentru diverse diametre fir, diverse poziții ale firului pe axa perpendiculară și diverse distanțe dintre plan LED-uri **8** și plan senzor CCD **7**, folosind poziția umbrelor firului proiectate asupra ariei de senzori foto-sensibili CCD **7**, umbre obținute prin activarea secvențială a LED-urilor șirului de LED-uri **8**, prin localizarea perechii de LED-uri adiacente din șir L_i și L_{i+1} la care diferența dintre axa

LED-ului activ și centrul umbrei firului corespunzător aceluși LED activ devine din pozitivă, negativă, și calculul poziției firului din cele două triunghiuri asemenea formate de cele două LED-uri L_i și L_{i+1} , proiecția lor pe planul ariei de senzori foto-sensibili CCD 7 și centrul umbrei firului corespunzător LED-ului, folosind aproximarea că centrul umbrei firului corepunde cu punctul în care dreapta ce unește centrul LED-ului activ cu centrul firului întâlnește planul senzorului CCD și considerând că LED-urile sunt surse de lumină punctiformă.

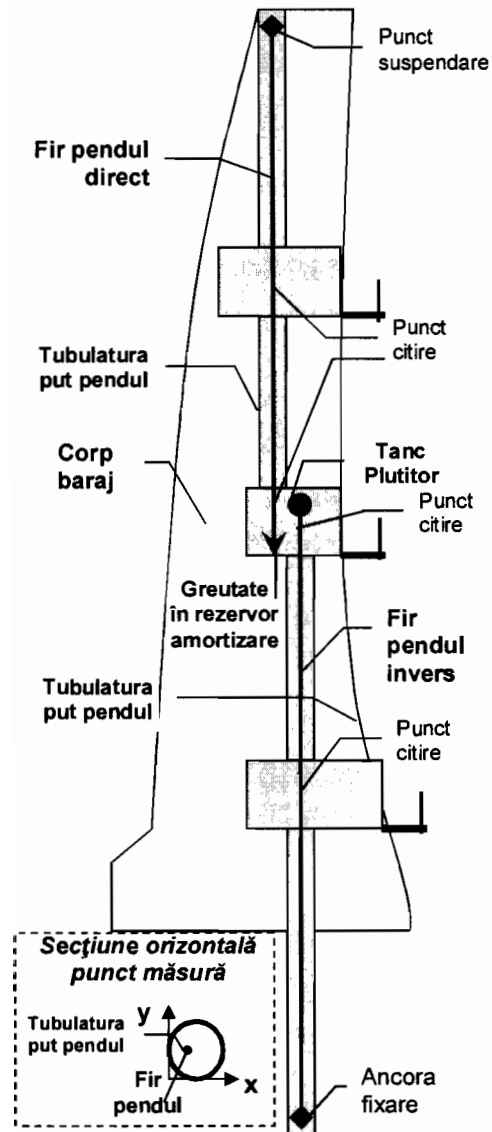


Figura 1. - Exemplu de Pendul direct și invers montat într-un baraj

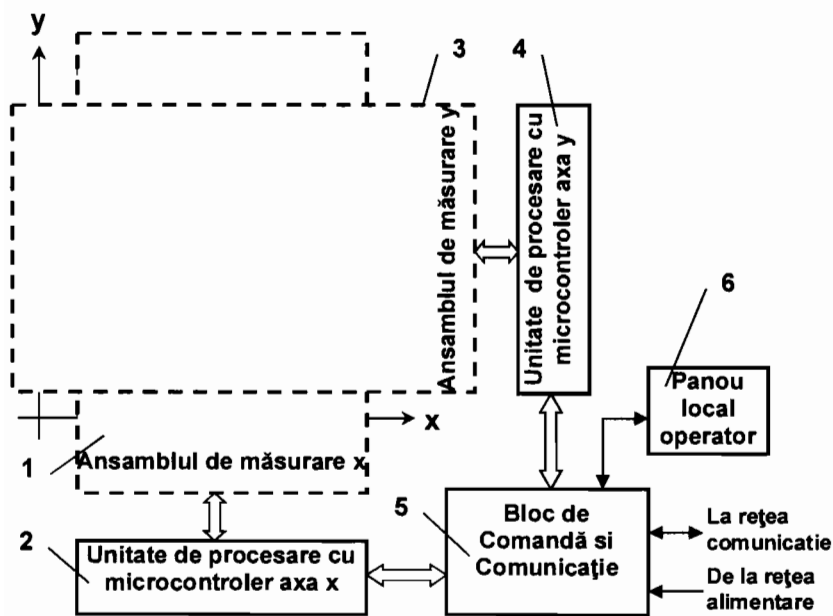


Figura 2. -Schema bloc sistem automat pentru măsurarea poziției firelor pendul propus în invenție

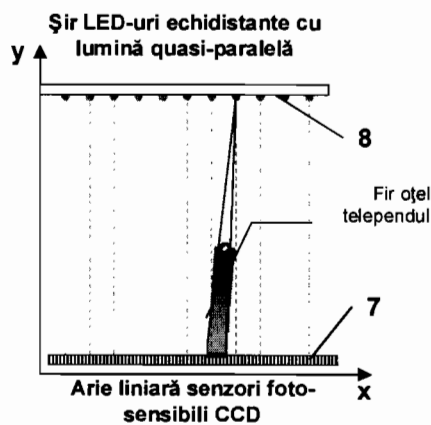


Figura 3. -Schema de principiu ansamblu de măsurare optic propus în invenție

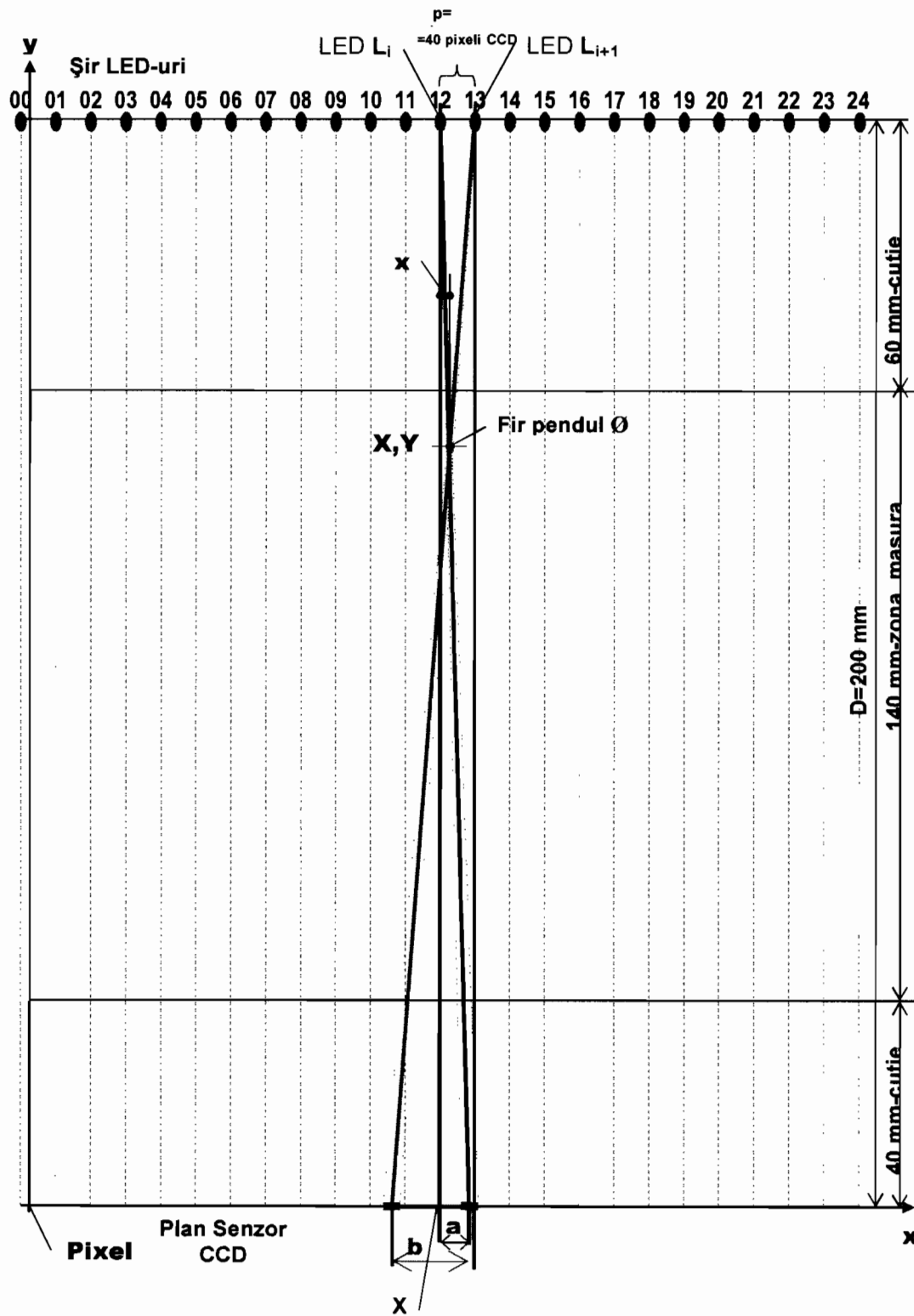


Figura 4.-Desen geometric pentru algoritm calcul poziție fir propus in invenție

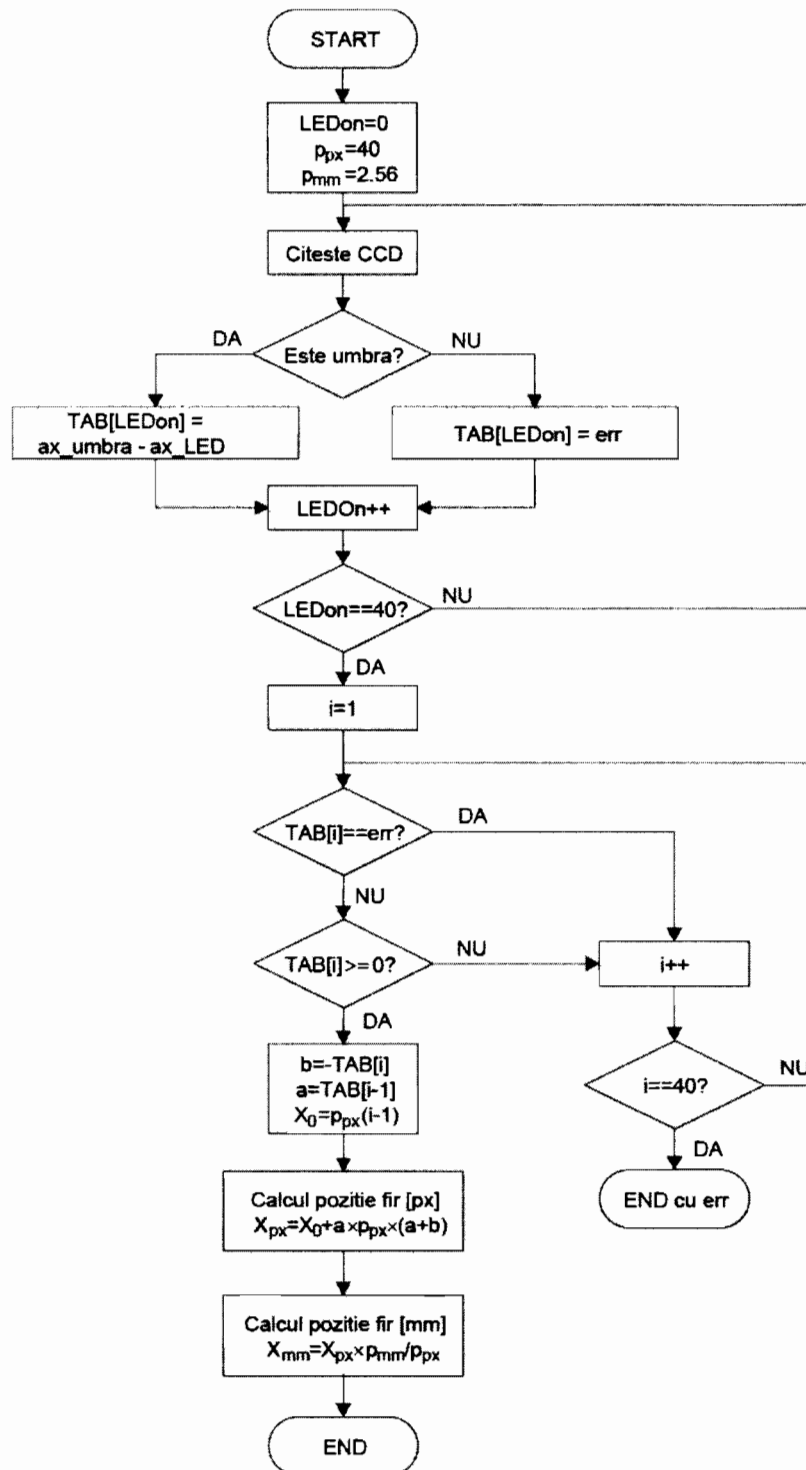


Figura 5.- Organigrama algoritmului unui ciclu de detecție și calcul a poziției firului

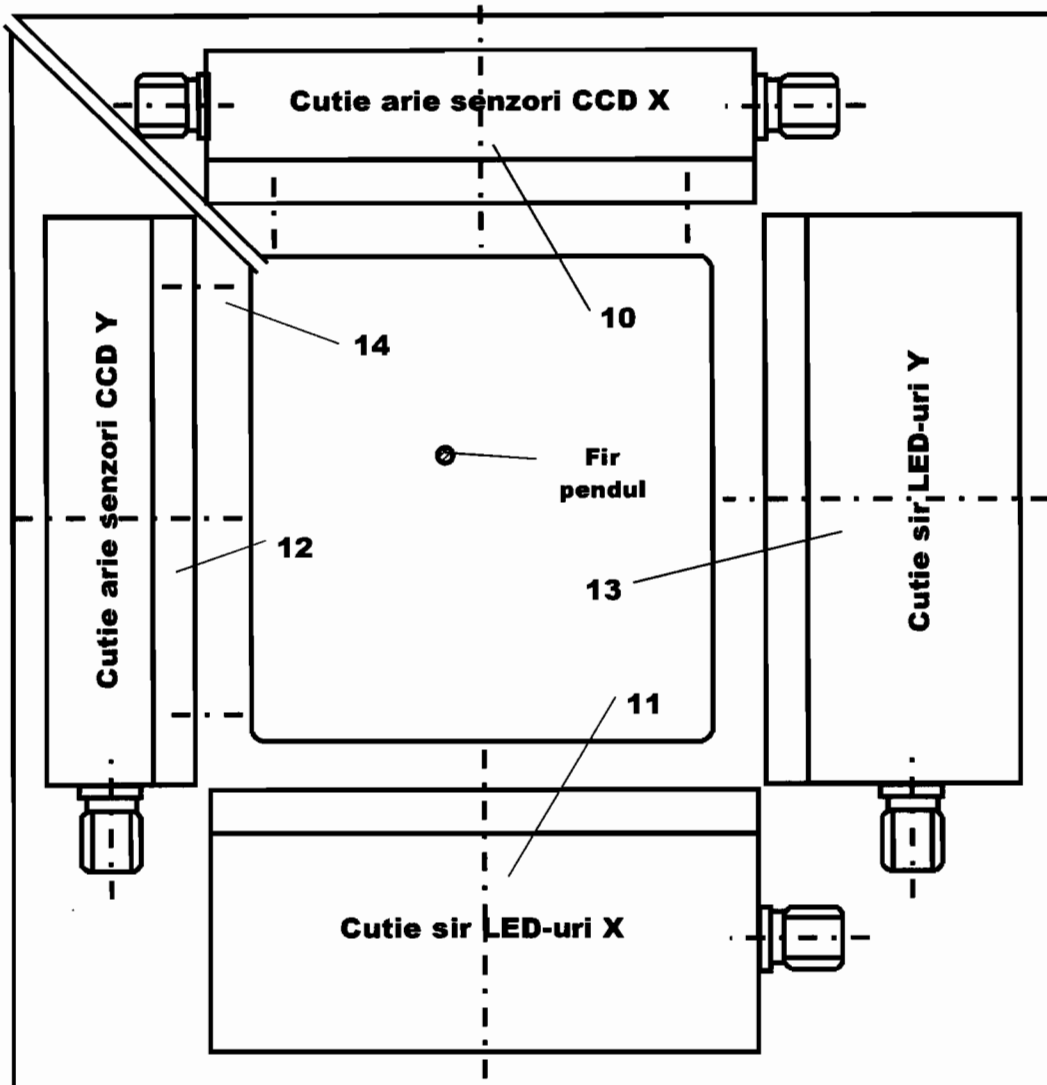


Figura 6. -Desen mecanic de realizare ansambluri optice de măsurare axa x și y