



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2018 01090**

(22) Data de depozit: **12/12/2018**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/12/2020** BOPI nr. **12/2020**

(41) Data publicării cererii:
28/06/2019 BOPI nr. **6/2019**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE ȘI
ÎNCERCĂRI PENTRU ELECTROTEHNICA
-ICMET CRAIOVA, B-DUL DECEBAL
NR.118 A, CRAIOVA, DJ, RO**

(72) Inventatori:
• **SACERDOȚIANU DUMITRU,
STR.REGELE FERDINAND NR.156,
DRĂGĂȘANI, VL, RO;**
• **NICOLA MARCEL, CALEA SEVERINULUI
NR. 18, BL. 309, SC. 1, ET. 3, AP. 13,
CRAIOVA, DJ, RO;**
• **VINTILĂ ADRIAN, STR.MIHAI VITEAZU
NR.3, BL.5, SC.B, ET.4, AP.7, CRAIOVA,
DJ, RO;**

• **NICOLA CLAUDIU, STR.HENRI COANDĂ
NR.79, BL.4EP, SC.1, AP.18, CRAIOVA, DJ,
RO;**
• **HUREZEANU IULIAN, STR.RĂZBOIENI
NR.4, BL.B14, SC.1, AP.5, CRAIOVA, DJ,
RO;**
• **LĂZĂRESCU FLORICA,
CALEA BUCUREȘTI NR.65, BL.A23, ET.1,
AP.3, CRAIOVA, DJ, RO;**
• **POPESCU PAUL, STR.ANUL 1948 NR.10,
BL.D, SC.2, AP.5, CRAIOVA, DJ, RO;**
• **PURCARU ION,
STR. CONSTANTIN BRÂNCOVEANU
NR. 20, CRAIOVA, DJ, RO;**
• **ALBIȚA ANCA, STR.TOPORAȘI NR.5,
CRAIOVA, DJ, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US5454272; US5235861,US5517864

(54) **METODĂ ȘI SISTEM DE MONITORIZARE A SĂGETII
CABLURILOR LINIILOR ELECTRICE AERIENE**



RO 133444 B1

1 Invenția se referă la o metodă și un sistem de monitorizare a săgeții conductoarelor
2 electrice aferente liniilor electrice aeriene aflate sub tensiune. Acest lucru permite monitorizarea
3 continuă a alungirii conductorului determinată de condițiile variabile de mediu, de creșterea
4 sarcinii, precum și de alungirea în timp a acestuia, printr-o metodă general valabilă pentru toate
5 tipurile de cabluri utilizate în transportul energiei electrice.

6 Utilizarea la capacitate maximă a liniilor electrice necesită o determinare corectă a
7 săgeții cablurilor și a distanței de siguranță în funcție de factorii care duc la creșterea săgeții și
8 mai ales în funcție de dilatația termică.

9 Există exemple pentru monitorizarea săgeții cablurilor folosind tensiunea în cablu,
10 inclusiv cele prezentate în brevetul **US 5.454.272**. Dezavantajul constă în faptul că este necesar
11 un sistem și un echipament complex, cu multe date de intrare.

12 Există și exemple pentru monitorizarea căderilor de tensiune prin folosirea temperaturii,
13 inclusiv cele prezentate în brevetele **US 5.235.861** și **US 5.517.864**.

14 Dezavantajele constau în tehnicile greoaie și mai puțin precise de măsurare a tempe-
15 raturii conductorului, mărime care contribuie la calculul săgeții.

16 Metodele pentru măsurarea săgeții includ:

17 Prima metodă utilizată constă în măsurarea temperaturii conductorului într-un punct.
18 Săgeata cablului este apoi calculată prin modelare matematică. Dezavantajul constă în aceea
19 că aceasta metodă este consumatoare de timp, laborioasă, indirectă și, adesea, supusă unor
20 erori mari.

21 O altă metodă utilizată în trecut presupune măsurarea efectivă a săgeții conductorului
22 sau, alternativ, a distanței față de sol. Dezavantajele constau în aceea că determinarea săgeții
23 se propunea a fi realizată prin măsurare efectivă, folosind metode acustice, microundele și
24 fasciculele laser, însă niciuna dintre aceste metode nu s-a dovedit a fi aplicabilă în mod practic.
25 Echipamentul utilizat este adesea voluminos și greu. Este, de asemenea, foarte costisitor.

26 Metoda de observare. Se utilizează frecvent un teodolit sau aparate similare. Este
27 simplă, are un grad ridicat de precizie. Dezavantajul constă în necesitatea existenței pe teren
28 a personalului de operare și imposibilitatea monitorizării în timp real.

29 Determinarea săgeții prin monitorizare cu GPS. Dezavantajul constă în algoritmi com-
30 plexi și dificil de implementat și este o metodă costisitoare.

31 Determinarea săgeții prin măsurarea temperaturii conductorului și a tensiunii în cablu.
32 Metoda este relativ ieftină. Dezavantajul constă în măsurarea unui număr prea mare de
33 parametri, algoritmul de calcul este complex, introduce erori mari.

34 Determinarea săgeții folosind tehnici de proiecție. Această metodă este ușor de
35 implementat. Dezavantajul constă în faptul că necesită fotografi specializați, procesarea
36 imaginilor este dificilă, introduce erori mari.

37 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în determinarea precisă a săgeții
38 maxime a liniei electrice aeriene de înaltă tensiune din sistemele de transport și distribuție a
39 energiei electrice.

40 Invenția oferă un sistem simplificat, mai precis, ușor de utilizat, general valabil pentru
41 toate tipurile de cabluri, dependent exclusiv de înclinarea conductorului, pentru monitorizarea
42 săgeții cablurilor ce echipează liniile de transport al energiei electrice. Sistemul îmbunătățit de
43 monitorizare a săgeții cablurilor prezentat, asigură eliminarea dezavantajelor întâmpinate în
44 cazul dispozitivelor și metodelor anterioare, rezolvă problemele și permite obținerea de rezultate
45 noi în acest domeniu al tehnicii.

46 Conform invenției informațiile sunt culese de la senzorii de înclinare, într-un proces
47 automat de achiziție de date, monitorizare și control în vederea evaluării stării funcționale a sis-
temelor de transport și distribuție a energiei electrice.

RO 133444 B1

Sistemul de monitorizare a săgeții pe un tronson de conductor (porțiunea de conductor electric cuprinsă între doi stâlpi) cuprinde două înclinometre conectate la două emițătoare wireless, o unitate combinată de emisie și recepție și un sistem de achiziție și procesare amplasat la distanță. Înclinometrele care sunt poziționate adiacent față de conductorul electric în apropierea punctelor de suspensie, furnizează o ieșire numerică corelată cu unghiul de înclinație al conductorului. Emițătorul este conectat electric la înclinometru și are rolul de a achiziționa semnalul furnizat de acesta și a-l transmite neperturbat la unitatea combinată de emisie și recepție. Sistemul de achiziție și calcul amplasat la distanță include un receptor pentru recepționarea semnalelor de la unitatea combinată de emisie și recepție și un echipament de calcul pentru calcularea săgeții cablului electric pe baza acestor semnale și a unor date specifice rețelei.

Metoda pentru monitorizarea și determinarea săgeții cablurilor liniilor electrice aeriene, constă în inițierea procesului de monitorizare; verificarea valorilor parametrilor liniei electrice; setarea valorilor parametrilor liniei electrice, distanța dintre stâlpi, timpul ciclului de monitorizare, unghiul de înclinație maxim, unghiul de înclinație, săgeata maximă admisibilă; verificarea timpului ciclului de monitorizare; citirea unghiului de înclinație al cablului aferent primului stâlp, verificarea primului unghi de înclinație, citirea unghiului de înclinație al cablului aferent celui de-al doilea stâlp, verificarea celui de-al doilea unghi de înclinație, calcularea și afișarea săgeții maxime, verificarea săgeții maxime în comparație cu săgeata maximă admisă, verificarea necesității opririi ciclului de monitorizare; oprirea ciclului de monitorizare.

Sistemul este destinat să fie integrat în rețelele SMART GRID, în sistemele SCADA Monitoring și SCADA Operating în scopul creșterii siguranței în funcționare și a fiabilității rețelelor electrice.

Prin aplicarea invenției se obțin următoarele avantaje:

- sistemul este simplu și ușor de realizat;
- sistemul utilizează mărimi care se măsoară cu precizie: înclinarea conductorului și distanța între stâlpi;
- este un sistem precis;
- detectează defectele în faza lor incipientă, în vederea prevenirii defectării grave a rețelelor electrice de transport și distribuție a energiei electrice;
- se poate realiza o bază de date consistentă, pe baza achizițiilor pe termen lung;
- relațiile de calcul ale săgeții pot fi ușor implementate;
- metoda este general valabilă pentru toate tipurile de conductoare, fără a introduce caracteristici specifice ale acestora;
- contribuie la creșterea eficienței tehnologiilor de mentenanță;
- asigurarea protecției corespunzătoare a personalului de exploatare și a mediului înconjurător.

Se dă în continuare un exemplu de aplicare a invenției în legătură cu fig.1-5, care reprezintă:

- fig. 1: reprezentarea schematică a liniilor electrice tipice și a amplasării componentelor sistemului de monitorizare a săgeții conductorului electric;
- fig.2: schema bloc a sistemului de monitorizare a săgeții cablurilor;
- fig.3: vedere laterală a unui tronson al liniei electrice, pentru teren denivelat;
- fig.4: vedere laterală a unui tronson al liniei electrice, pentru teren plat;
- fig.5: algoritmul de determinare a săgeții conductorului.

Invenția se referă la o metodă și un sistem de monitorizare a săgeții conductorului electric, care include două sau mai multe module de achiziție **100**, amplasate în mediul de utilizare specific, fiind poziționate pe o linie electrică aeriană **LEA** pentru monitorizarea săgeții cablului în porțiunea respectivă.

RO 133444 B1

1 Așa cum este bine cunoscut din tehnologia de construcție a rețelelor electrice, linia
2 electrică aeriană **LEA** (sau mai multe linii electrice multiple), se întinde pe distanțe lungi și este
3 susținută pe aceste distanțe lungi printr-o multitudine de stâlpi **St**. Practic, linia electrică se
4 compune din tronsoane **T** de linie cuprinse între doi stâlpi consecutivi de susținere **St**, unde
5 stâlpii **St** urmează relieful solului **P**, care variază de la neted la muntos sau accidentat.

6 Un tronson de cablu **T1** pe linia electrică **LEA** se întinde sau acoperă distanța de la un
7 prim stâlp **St1** la un al doilea stâlp **St2**. Această porțiune **T1** se caracterizează printr-o săgeată
8 **S** a cablului desfășurat între cei doi stâlpi. Deoarece solul **P** de multe ori nu este neted, în
9 general stâlpii **St1** și **St2** nu sunt montați la același nivel, deși fiecare are în general aceeași
10 structură și astfel au aceeași înălțime și, drept urmare, se produce o săgeată **S** pe linia electrică
11 **LEA** de la un prim punct de suspensie **P1** la un al doilea punct de suspensie **P2** care este mai
12 înalt decât punctul **P1**. Diferența de înălțime între punctele de suspensie **P1** și **P2** este **h**.

13 Conform tehnologiei de construcție a liniilor electrice și după cum a fost descris mai sus,
14 este esențial ca fiecare dintre aceste linii electrice aeriene **LEA** să rămână la o anumită distanță
15 minimă deasupra solului **P** sau față de orice structură. Drept urmare, săgeata cablului **S** pe
16 fiecare linie electrică aeriană **LEA** trebuie să fie controlată în toate condițiile de mediu și de
17 sarcină. Așa cum s-a discutat mai sus, aceste condiții duc la variații importante ale săgeții **S**
18 pentru o anumită linie electrică **LEA**. Atunci când aceste condiții nu sunt controlate în mod
19 corespunzător și săgeata depășește niveluri admisibile, se produce o săgeată pe linia electrică
20 **LEA** care determină o distanță nesigură care este prea mică față de solul **P** sau de o structură
21 și este sub distanța minimă de siguranță.

22 Sistemul de monitorizare din prezenta invenție este destinat pentru a monitoriza săgeata
23 **S**, astfel încât să permită transmiterea sarcinii pe linii până la un nivel optim. Modulul **100** de
24 achiziție include un senzor **101** de curent, un înclinometru **102**, o sursă **103** cu acumulare, o
25 sursă **104** de alimentare, un emițător **105** pentru transmiterea unui semnal wireless care repre-
26 zintă semnalul de ieșire al înclinometrului care este corelat cu unghiul de înclinație al conduc-
27 torului în punctul de susținere pe stâlp, precum și o carcasă **106** rezistentă la intemperii în care
28 sunt încorporate toate aceste componente. Poziția în care sunt montate aceste componente
29 este de așa natura încât să nu aibă niciun efect asupra unghiului de înclinație măsurat.
30 Înclinometrul **102** este fixat în jurul liniei electrice la o distanță de doar câțiva centimetri de linia
31 electrică. Drept urmare, înclinometrul este expus la câmpuri electrice și magnetice de frecvență
32 50 sau 60 Hz. Totuși, semnalul de ieșire al înclinometrului nu trebuie să fie afectat de câmpul
33 electromagnetic și, drept urmare ecranarea este asigurată de carcasa **106**. Emițătorul **105**
34 recepționează și convertește această mărime de ieșire a înclinometrului în radio frecvență sau
35 alt semnal transmisibil fără fir și îl transmite la distanță. Emițătoarele **105** sunt dispozitive
36 wireless mai simple cu caracteristici tehnice limitate. Sursa **104** de alimentare este necesară
37 pentru a furniza energia necesară pentru modulul **100** de achiziție. Deoarece toate operațiunile,
38 inclusiv citirea indicațiilor înclinometrelor, conversia valorilor măsurate în semnale transmisibile
39 fără fir și transmiterea acestora apar doar în timpul transmisiei de energie pe linia electrică,
40 energia efectivă din liniile electrice poate fi folosită pentru a realiza sursa **104** de alimentare pen-
41 tru modulul **100** de achiziție. Un senzor de temperatură face parte din structura înclinometrului
42 pentru monitorizarea temperaturii în carcasă și indirect a temperaturii din jurul carcasei. Pe un
43 tronson sunt necesare două înclinometre **102** pentru realizarea unui sistem precis de moni-
44 torizare a săgeții cablurilor. În conformitate cu una dintre caracteristicile invenției, o unitatea **120**
45 combinată de emisie și recepție este prevăzută a fi montată la o distanță rezonabilă față de un
46 număr mare de module **100** de achiziție date. În acest caz fiecare sistem de monitorizare a
47 săgeții transmite date în ceea ce privește atât unghiul măsurat cât și privind identificarea

tronsonului liniei electrice aeriene pe care este amplasat sistemul de monitorizare. Unitatea **120** combinată de emisie și recepție este în esență un receptor pentru recepționarea semnalelor transmise de la modulele 100 de achiziție și realizează transmiterea acestor semnale la un receptor **130** la distanță/telemetru conectat la un calculator **131** central într-o locație la distanță, cum ar fi clădirea unei companii electrice unde cantitatea de energie transmisă este controlabilă. Unitatea **120** combinată de emisie și recepție este de preferință alimentată cu energie solară și în cazul uneia dintre posibilele implementări aceasta încorporează posibilități de telefonie wireless, cum ar fi cele de telefonie analogică sau digitală pentru transmiterea informațiilor prin satelit sau rețeaua terestră de telecomunicații. Calculatorul **131** central recepționează datele de la receptorul **130** și procesează aceste date. Datele recepționate reprezintă în cazul unei aplicații practice indicații ale săgeții înregistrate pe un tronson al liniei electrice aeriene, precum și locația acestuia. Indicația locației indică procesorul care înclinometrul furnizează indicația pentru săgeata respectivă. Utilitățile publice de furnizare a energiei electrice au posibilitatea să cunoască săgețile efective ale tronsoanelor de cablu la nivelul liniei, în orice moment, în condițiile respective. Deoarece sistemele **100** de monitorizare a săgeții cablurilor au transmis aceste informații prin unitatea **120** combinată de emisie și recepție la calculatorul **131** central de la distanță, săgeata curentă la acel moment este cunoscută. Calculatorul verifică apoi toate săgețile calculate de la un capăt la celălalt al liniei electrice aeriene **LEA**, iar energia transmisă prin intermediul liniei electrice aeriene **LEA** poate fi reglată la valori mai mici sau mai mari, în funcție de necesar și de distanța minimă de siguranță dielectrică asigurată pentru fiecare tronson al liniei electrice. Aceste etape de citire a semnalelor primare de la traductoare, transmitere a datelor și analiză a datelor pentru determinarea săgeților cablurilor se efectuează la intervale regulate de timp t_m .

În ceea ce privește metoda de calcul a săgeții, plecând de la mărimea de ieșire a înclinometrelor, aceasta poate fi determinată cu exactitate folosind ecuația lăntșorului, informația de la ieșirea înclinometrelor și distanța dintre doi stâlpi consecutivi. Toate acestea sunt rezultatul înțelegerii faptului că forma unui conductor care se întinde pe o porțiune **T** între două puncte este aproximată cu ajutorul ecuației lăntșorului. Pentru cazurile generale care includ înălțimi inegale ale punctelor de suspensie și teren neregulat cât și teren plat, săgeata maximă se calculează cu relația,

$$S_{\max} = \frac{l(B-A)}{C^2} \left[\operatorname{arcsh} \frac{B-A}{C} + \operatorname{arcch} A \right] - \frac{1}{C} \sqrt{1 + \frac{(B-A)^2}{C^2}} + l \frac{A}{C} \quad (1)$$

unde,

$$\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \theta_1} = A \quad (2)$$

$$\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \theta_2} = B \quad (3)$$

$$\operatorname{arcsh}(\operatorname{tg} \theta_1) + \operatorname{arcsh}(\operatorname{tg} \theta_2) = C \quad (4)$$

Metoda și sistemul realizează monitorizarea săgeții cablurilor liniilor electrice aeriene **LEA**, conform invenției, după următorul algoritm :

Pasul 1

Start monitorizare

RO 133444 B1

- 1 Pasul 2
Dacă valorile parametrilor liniei electrice nu sunt corecte, atunci mergi la pasul 3.
- 3 Dacă valorile parametrilor liniei electrice sunt corecte, atunci mergi la pasul 4.
- Pasul 3
- 5 Setează valorile parametrilor :
- 7 - distanța între stâlpi, (l);
 - 7 - ciclul de măsurare, (t_m);
 - 9 - unghiul θ_1 maxim impus, (θ_{1max});
 - 9 - unghiul θ_2 maxim impus, (θ_{2max});
 - săgeata maximă admisibilă, ($S_{max adm}$)
- 11 Pasul 4
- Dacă $t_{ciclu\ de\ măsurare} = t_m$, atunci mergi la pasul 5.
- 13 Dacă $t_{ciclu\ de\ măsurare} < t_m$, atunci repetă pasul 4.
- Pasul 5
- 15 Citește unghiul θ_1
- Pasul 6
- 17 Dacă $0 < \theta_1 < \theta_{1max}$, atunci mergi la pasul 7
- Dacă $\theta_1 \geq \theta_{1max}$, atunci afișează "Alarmă valoare eronată unghi θ_1 "
- 19 Pasul 7
- Citește unghiul θ_2
- 21 Pasul 8
- Dacă $0 < \theta_2 < \theta_{2max}$, atunci mergi la pasul 9
- 23 Dacă $\theta_2 \geq \theta_{2max}$, atunci afișează "Alarmă valoare eronată unghi θ_2 "
- Pasul 9
- 25 Calculează și afișează săgeata S_{max}
- Pasul 10
- 27 Dacă $S_{max} < S_{max adm}$, atunci mergi la pasul 11
- Dacă $S_{max} \geq S_{max adm}$, atunci afișează "Alarmă depășire S_{max} "
- 29 Pasul 11
- Dacă este necesară oprirea monitorizării, mergi la pasul 12
- 31 Dacă nu este necesară oprirea monitorizării, atunci repetă pasul 4
- Pasul 12
- 33 Oprește monitorizarea
- Utilitățile publice de furnizare a energiei electrice pot monitoriza săgeata S în orice
- 35 tronson T al oricărei linii electrice aeriene **LEA**, sau în secțiuni critice, pentru a asigura menținerea
- 37 distanțelor minime de siguranță din punct de vedere dielectric. Utilitățile publice pot, de asemenea, să mărească la maximum cantitatea de energie electrică transportată pe linii. Toate
- 39 aceste estimări ale săgeții tronsoanelor de cablu se pot efectua la intervale regulate. Cu ajutorul emițătoarelor și
- 41 unităților combinate de emisie și recepție, săgeata tronsoanelor de cablu din componența unei linii electrice este cunoscută în timp real. Sistemele de monitorizare a săgeții
- 43 pot fi conectate în cascadă împreună cu unitățile combinate de emisie și recepție pentru a economisi costurile emițătoarelor. Unitățile combinate de emisie și recepție pot fi alimentate cu energie solară.
- Utilizarea înclinometrelor pentru sistemele de monitorizare a săgeții cablurilor asigură
- 45 utilitățile publice de furnizare a energiei electrice că toți factorii care afectează săgeata sunt luați în considerare, având în vedere că semnalele de ieșire ale acestora sunt direct legate de
- 47 unghiul de înclinație, și drept urmare, săgeata efectivă este determinată în mod unic și cu precizie.

RO 133444 B1

Revendicări

1. Sistem de monitorizare a săgeții cablurilor electrice în timpul transportului energiei electrice, utilizat pe un tronson (**T**) al unui conductor electric suspendat între doi stâlpi (**St1**, **St2**) ai unei linii electrice aeriene (**LEA**) **caracterizat prin aceea că**, în scopul determinării precise a săgeții maxime este compus din două module (**100**) de achiziție și transmitere wireless date care sunt poziționate în jurul unui conductor electric, în apropierea punctelor sale de suspensie, o unitate (**120**) combinată de emisie - recepție, montată pe stâlp și care este alimentată cu energie solară printr-un sistem (**121**), un modul (**130**) de comunicație care recepționează semnalul primit wireless sau direct pe fibră optică de la unitatea (**120**) de emisie - recepție și care transmite un semnal la un sistem de calcul (**131**) pe care rulează un program de monitorizare a săgeții maxime S_{max} . 3 5 7 9 11
2. Sistem de monitorizare a săgeții cablurilor electrice, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** în scopul determinării unghiului de înclinație al cablului, cele două module (**100**) de achiziție și transmitere wireless date sunt formate dintr-un senzor (**101**) de curent, un înclinometru (**102**) care produce o mărime de ieșire corelată cu unghiul de înclinație al conductorului, o sursă (**103**) cu acumulare, o sursă (**104**) de alimentare, un emițător (**105**) pentru transmiterea wireless a unui semnal transmis de înclinometru (**102**) și o carcasă (**106**) rezistentă la acțiunea factorilor de mediu și imună la efectul corona. 13 15 17 19
3. Sistem de monitorizare a săgeții cablurilor electrice, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** înclinometrul (**102**) și emițătorul (**105**) sunt alimentați de un câmp magnetic produs de conductorul electric (**107**) prin care trece curentul de sarcină al liniei electrice aeriene (**LEA**). 21 23
4. Sistem de monitorizare a săgeții cablurilor electrice, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** sistemul de calcul (**131**) pe care rulează un program de monitorizare a săgeții maxime S_{max} , calculează săgeata în funcție de semnalele de ieșire furnizate de înclinometre (**102**), și de timpul ciclului de monitorizare t_m . 25 27
5. Metodă pentru monitorizarea și determinarea săgeții cablurilor liniilor electrice aeriene, **caracterizată prin aceea că** în prima etapa se inițiază procesul de monitorizare, în etapa a doua se verifică valorile parametrilor liniei electrice, în etapa a treia se setează valorile parametrilor liniei electrice, distanța l între stâlpi, timpul ciclului de monitorizare t_m , unghiul de înclinație maxim θ_{1max} , unghiul de înclinație maxim θ_{2max} , săgeata maximă admisibilă S_{maxadm} , în etapa a patra se verifică timpul ciclului de monitorizare t_m , în etapa a cincea se citește unghiul de înclinație θ_1 al cablului aferent stâlpului $St1$, în etapa a șasea se verifică unghiul de înclinație θ_1 , în etapa a șaptea se citește unghiul de înclinație θ_2 al cablului aferent stâlpului $St2$, în etapa a opta se verifică unghiul de înclinație θ_2 , în etapa a noua se calculează și se afișează săgeata S_{max} , în etapa a zecea se verifică săgeata S_{max} în comparație cu săgeata maximă admisă S_{maxadm} , în etapa a unsprezecea se verifică dacă este necesară oprirea ciclului de monitorizare și în etapa a doisprezecea se oprește ciclul de monitorizare. 29 31 33 35 37 39

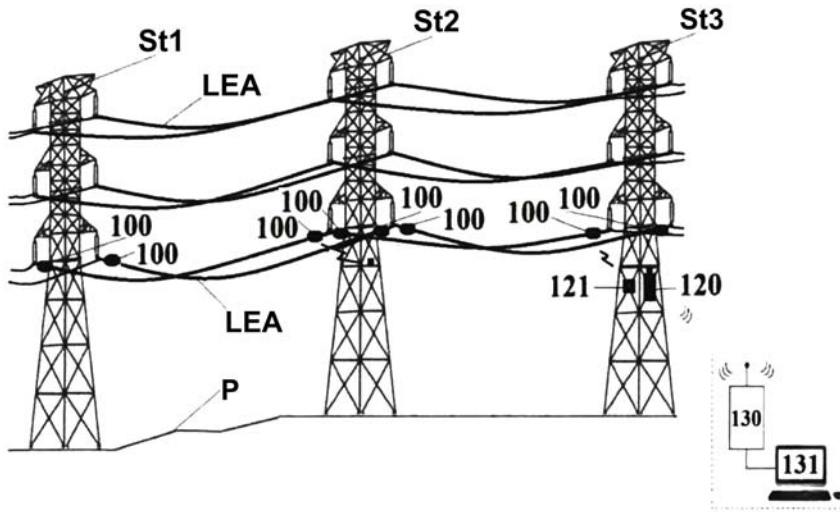


Fig. 1

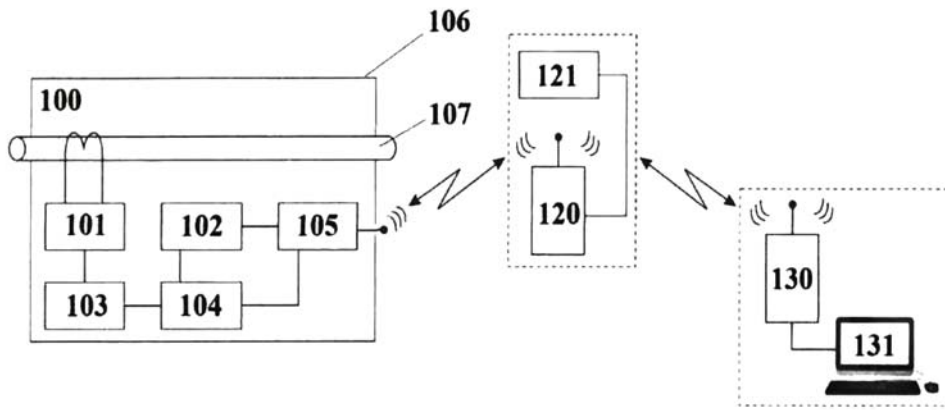


Fig. 2

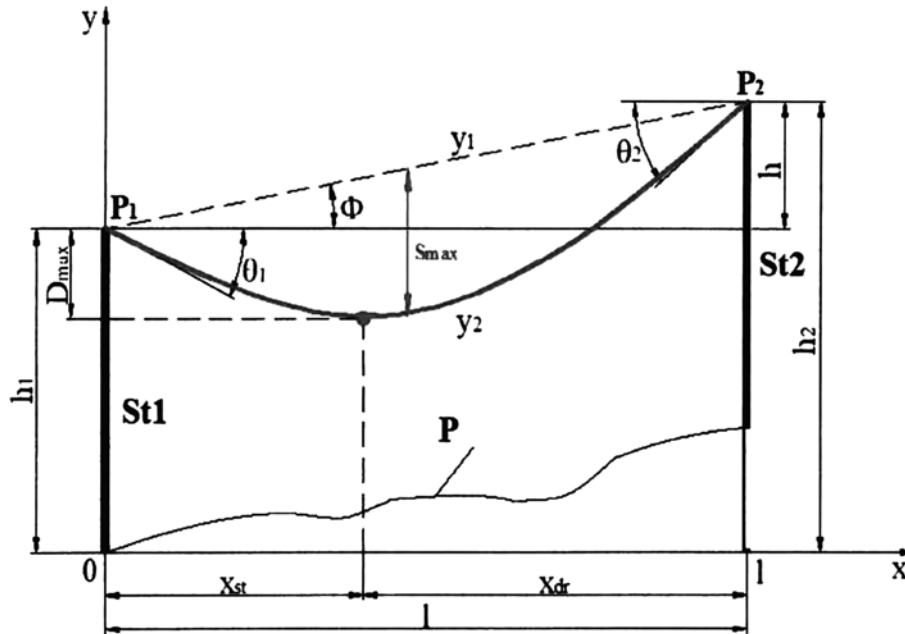


Fig. 3

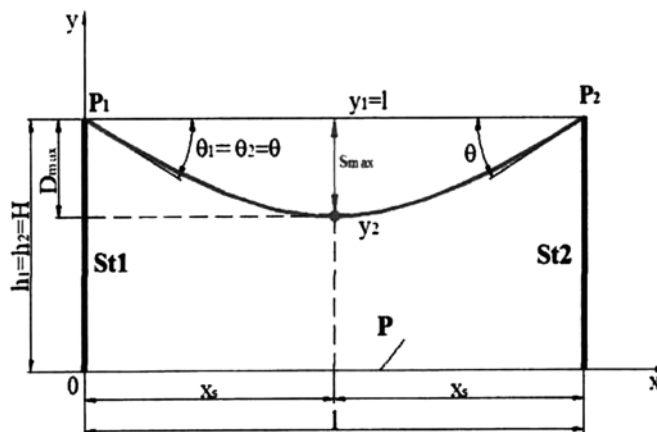


Fig. 4

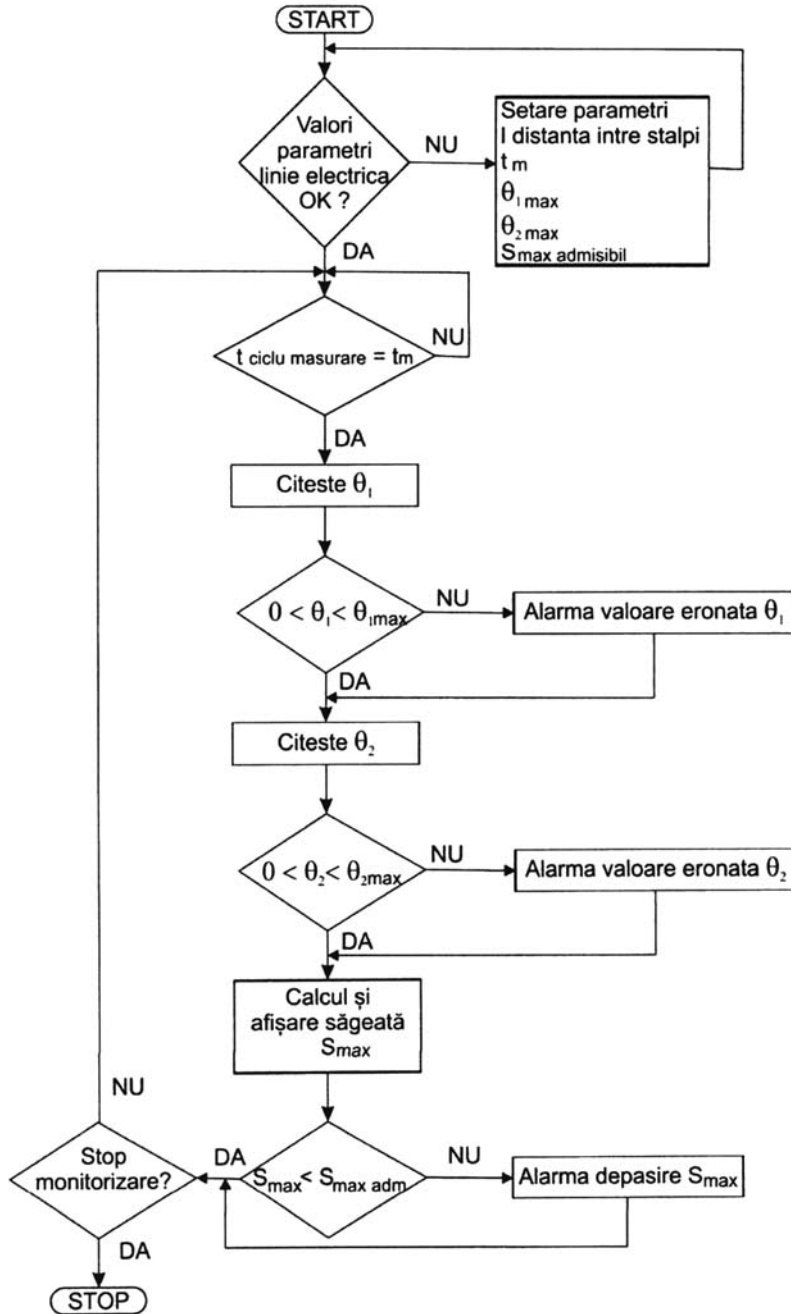


Fig. 5

