



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2008 00078

(22) Data de depozit: 27.07.2006

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: 30.10.2014 BOPI nr. 10/2014

(30) Prioritate:

28.07.2005 US 60/595,694

(41) Data publicării cererii:

30.10.2008 BOPI nr. 10/2008

(86) Cerere internațională PCT:

Nr. EP 2006/007423 27.07.2006

(87) Publicare internațională:

Nr. WO 2007/017128 15.02.2007

(73) Titular:

• SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.,
PARKSTRAAT 83-89, HAGUE, NL

(72) Inventatori:

• POPILIAN CONSTANTIN,
SCHLUMBERGER, 525 3 AVENUE SW,
CALGARY, ALBERTA, CA;
• CADERE DIMITRI, ETUDES ET
PRODUCTIONS SCHLUMBERGER, 1, RUE
HENRI BECQUEREL, CLAMART CEDEX,
FR;

• WIESE JACQUES, ETUDES ET
PRODUCTIONS SCHLUMBERGER, 1, RUE
HENRI BECQUEREL, CLAMART CEDEX,
FR;

• OSTIZ JEAN-CLAUDE, ETUDES ET
PRODUCTIONS SCHLUMBERGER, 1, RUE
HENRI BECQUEREL, CLAMART CEDEX,
FR;

• VENERUSO ANTHONY, ETUDES ET
PRODUCTIONS SCHLUMBERGER, 1, RUE
HENRI BECQUEREL, CLAMART CEDEX,
FR

(74) Mandatar:

ROMINVENT S.A.,
STR. ERMIL PANGRATTI NR.35,
SECTOR 1, BUCUREȘTI

(56) Documente din stadiul tehnicii:

EP 0387846 A1; US 3986393 A;
US 2517455 A; US 2191765 A;
US 5136525 A

(54) APARAT PENTRU MONITORIZAREA PRESIUNII ȘI/SAU A TEMPERATURII

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un aparat pentru monitorizarea presiunii și/sau a temperaturii fluidelor dintr-o gaură de sondă, destinat a fi utilizat în condiții de temperatură ridicată. Aparatul conform invenției este constituit dintr-un element de adâncime și un element de comandă, conectate prin intermediul unei conexiuni etanșe, rezistente la temperatură ridicată, elementul de adâncime conținând un senzor de temperatură și un senzor de presiune, și fiind încorporat într-o carcasă etanșă, rezistentă la temperatură ridicată, iar elementul de comandă conținând echipamente electronice necesare funcționării senzorilor de temperatură și presiune.

Revendicări: 6

Figuri: 3

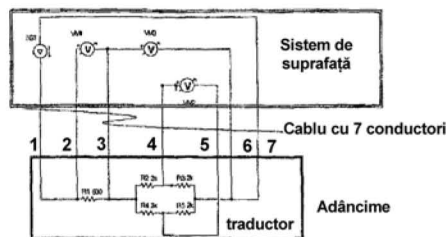


Fig. 1

Examinator: fizician RADU ROBERT



Orice persoană are dreptul să formuleze în scris și motivat, la OSIM, o cerere de revocare a brevetului de invenție, în termen de 6 luni de la publicarea mențiunii hotărârii de acordare a acesteia

RO 123619 B1

1 Prezentă invenție se referă la un aparat pentru monitorizarea presiunii și/sau a tem-
peraturii în condiții grele, cum ar fi la o temperatură ridicată.

3 În prezent, pentru aplicațiile la temperatură ridicată, măsurarea presiunii este reali-
zată cu ajutorul unui sistem având un senzor cu fir vibrator. Practic, senzorul de tip fir vibrator
5 este tensionat, cu cel puțin un capăt atașat la o diafragmă de presiune. Firul este antrenat
în oscilație, cu ajutorul unei bobine electromagnetice. Un electromagnet asociat preia
7 frecvența de vibrație a firului, într-o manieră precisă și cunoscută, în funcție de presiunea
aplicată pe diafragmă. Elementul de antrenare electromagnetic și electromagnetul de pre-
9 luare a frecvenței sunt conectați la suprafață, cu ajutorul firelor dintr-un cablu cu patru
conductori. După aceasta, are loc activarea unor componente electronice de la suprafață,
11 și măsurarea frecvenței de vibrație sau de rezonanță. Din păcate, firele se deformează în
timp, ceea ce are, ca rezultat rapid, apariția abaterilor de precizie a măsurătorilor, în funcție
13 de temperatură. Acest dispozitiv este afectat, de asemenea, de variațiile de temperatură
datorate efectelor neelastice ale materialelor metalice și de legătură ale firelor și diafrag-
15 melor. Conexiunile, prin cablu, ale senzorilor, utilizează garnituri din polimer, care adesea
se înmoaie și cedează la temperaturi sub 250°C. Atunci când sunt utilizate garnituri metalice,
17 acestea sunt, de obicei, de tipul SwageLok®, care utilizează un singur inel de etanșare.
Acesta este predispus deteriorării datorate coroziunii prin solicitare și scurgerilor cauzate de
19 zgârieturile cablului. În ansamblu, firul vibrator are o precizie foarte scăzută și o fiabilitate
scăzută. În mod obișnuit, sistemul cu fir vibrator nu rezistă mai mult de un an, în cazul aplica-
21 țiilor care implică abur sau al utilizărilor geotermale.

În cadrul prospectării geotermale, stadiul tehnicii, referitor la traductoarele de pre-
23 siune, se bazează pe o metodă de măsurare cu patru fire, binecunoscută, cu ajutorul unor
senzori de presiune montați pe un traductor. Aceasta reprezintă o metodă veche, în care
25 curentul este furnizat către puntea Wheatstone, cu ajutorul unei perechi de fire, iar tensi-
unea, de-a lungul punții, este măsurată de perechea rămasă de fire. În mod similar, tempera-
27 tura este măsurată de un alt set de patru fire. În mod obișnuit, senzorul de presiune se
bazează pe puntea rezistivă Wheatstone, depusă pe o membrană metalică, acoperită cu un
29 material izolator. Din păcate, membrana metalică prezintă un histerezis și o imprecizie de
măsurare semnificative. În plus, dacă senzorul nu este protejat, membrana subțire se coro-
31 dează rapid. Cablul multiconductor este relativ cea mai scumpă componentă a acestui dispo-
zitiv, prin aceea că sunt necesare cel puțin patru fire pentru măsurarea presiunii și patru fire
33 pentru măsurarea temperaturii. Firele lungi determină apariția interferenței electromagnetice
și inductanța lor parazită, și, în general, destabilizarea capacității tensiunii electrice controlată
35 sau a surselor de curent, a contoarelor și a filtrelor electronice.

Problema tehnică, obiectivă, pe care o rezolvă invenția, este măsurarea presiunii
37 și/sau a temperaturii într-o gaură de sondă, în condiții de temperatură ridicată.

Soluția la această problemă este asigurată de un aparat destinat a fi utilizat în condiții
39 de temperatură ridicată, constituit dintr-un element de adâncime și un element de comandă,
conectate împreună, prin intermediul unei conexiuni etanșe, în care elementul de adâncime
41 cuprinde un senzor de temperatură și un senzor de presiune, fără niciun echipament
electronic și este încorporat într-o carcasă etanșă, rezistentă la temperatură ridicată, iar
43 senzorul de temperatură și senzorul de presiune sunt, fiecare, constituite din cel puțin un
rezistor, în care elementul de comandă cuprinde echipamentele electronice, necesare pentru
45 funcționarea senzorului de temperatură și a senzorului de presiune, și în care conexiunea
etanșă este rezistentă la temperatură ridicată.

Așa cum se poate vedea, abordarea invenției dezvăluite în cadrul de față constă în
47 eliminarea componentelor electronice de adâncime și prin utilizarea unei configurații de
circuit în care senzorii robuști de adâncime sunt conectați, prin intermediul unui cablu multi-
49 conductor și al conexiunilor etanșe din metal, la componentele electronice sofisticate, dar

ieftine, dintr-o altă locație supusă unor condiții mai puțin grele. De preferință, acea altă locație este la suprafață. Măsurarea presiunii este realizată prin intermediul unui prim senzor, de exemplu, unul având o membrană cristalină sau policristalină, pe care este depus un transductor tensometric sau o punte Wheatstone. Temperatura este măsurată prin intermediul unui alt senzor de tipul Detector Rezistent la Temperatură (DRT).

De preferință, condițiile de temperatură ridicată constau într-o temperatură sub valoarea de 250°C și o presiune ridicată. De asemenea, carcasa etanșă și conexiunea etanșă sunt realizate integral din metal fără garnituri din material elastomer și/sau polimer. În acest fel, senzorii sunt găzduiți în interiorul unui ambalaj metalic sudat și complet etanșat. În plus, firele senzorilor sunt conectate, la suprafață, cu ajutorul unei conexiuni metalice, etanșe, care nu prezintă garnituri din elastomer și/sau polimer. În mod alternativ, garniturile din elastomer sau polimer pot fi utilizate, dacă aceste garnituri prezintă o rezistență la temperaturi foarte ridicate. Aceste fire formează un cablu compact multiconductor, care conectează senzorii de adâncime cu echipamentele electronice de la suprafață. De preferință, conexiunea etanșă este un cablu de tipul având o configurație cu șapte fire.

Elementul de comandă poate cuprinde, suplimentar, o sursă de curent controlată pentru furnizarea unui curent electric către elementul de adâncime prin intermediul conexiunii etanșe, curentul menționat fiind comutat alternativ din punct de vedere al polarității. Componentele electronice de la suprafață trimit un curent controlat către fiecare senzor și recepționează o valoare de tensiune pentru fiecare senzor individual. În acest fel, efectele rezistenței cablului, în timpul măsurării, sunt reduse la minimum. Interferența electromagnetică, captarea zgomotului și alte perturbații, cum ar fi tensiunile termoelectrice (și anumite efectele Seebeck datorate conexiunilor metalice diferite și a diferențelor de temperatură între cablu și conexiuni), sunt reduse printr-o comutare controlată a sursei de curent de la suprafață și procesarea corespunzătoare a semnalelor referitoare la tensiunile recepționate. De preferință, sursa de curent controlată este comutată, utilizând o secvență de cod pseudo-aleatoare, iar cel mai avantajos, sursa de curent controlată este comutată, utilizând o secvență de cod cu lungime maximă, pseudo-aleatoare, cu polaritatea curentului plus unu și/sau minus unu.

Alte exemple de realizare a prezentei invenții pot fi înțelese mai bine, cu ajutorul desenelor anexate:

- fig. 1 prezintă o diagramă de circuit a aparatului conform invenției;
- fig. 2 prezintă un cablu cu șapte conductori, prezentând o ambalare compactă în interiorul unui cerc;
- fig. 3A prezintă o diagramă a metodei de măsurare analoagă, codată, a pseudo-zgomotului (PN);
- fig. 3B prezintă o diagramă a metodei de măsurare analoagă, codată, a pseudo-zgomotului (PN).

Un sistem de măsurare permanentă a presiunii este direcționat să monitorizeze condițiile extreme de mediu la adâncime, în interiorul puțurilor cu injecție de abur sau a puțurilor geotermale, în care temperaturile de operare se pot situa până la valoarea de 250°C. Comparativ cu sistemele de monitorizare obișnuite ale rezervoarelor de adâncime, presiunea absolută, în cazul acestor aplicații, este relativ scăzută, iar cerințele echipamentelor de măsurare sunt modeste, pentru precizia, rezoluția și stabilitatea de măsurare a presiunii și a temperaturii. În conformitate cu un exemplu de realizare preferat, aplicația este focalizată pe operațiile de monitorizare a injectării aburului, pentru recuperarea îmbunătățită a substanțelor grele, și anume, vâscoase, uleioase, în special, pentru aplicațiile de Extracție prin Gravităție Asistată de Abur (SAGD). Cerințele economice impun ca echipamentul pentru aceste tipuri de aplicații să fie foarte ieftin, robust, simplu de operat și fiabil.

RO 123619 B1

1 De asemenea, condițiile obișnuite dintr-un puț de injectare a aburului sunt:
- lungime/adâncime puț: până la 1000 m (în mod obișnuit 200 la 400 m);
3 - temperatura maximă: 250°C (în mod obișnuit, variind între 180 la 210°C);
- presiunea maximă: 13,79 MPa (2000 psi) (în mod obișnuit, intervalul este de până
5 la 6,89 MPa (1000 psi)).

Totuși, echipamentele electronice nu pot fi utilizate, în general, la această tempera-
7 tură de 250°C. La aceste temperaturi extreme, semiconductorii pe bază de siliciu devin intrin-
seci și din acest motiv nefuncționali. Semiconductorii compuși, realizați la comandă, cum ar
9 fi din carbură de siliciu (SiC) sau fosfură de galiu (GaP), și-au demonstrat eficiența în labo-
rator, dar necesită o dezvoltare extensivă și sunt prea scumpi, pentru această piață. În plus,
11 componentele pasive asociate, placa de circuit și tehnologia de ambalare necesare nu sunt
disponibile comercial.

13 Fig. 1 prezintă un exemplu de realizare a întregii scheme electrice, în conformitate
cu invenția, însă fără detalii ale sistemului de procesare a semnalului, din cadrul sistemului
15 de la suprafață. Măsurarea permanentă, la adâncime, este realizată cu ajutorul unui senzor
de temperatură, în cadrul de față, un Detector Rezistent la Temperatură, simbolizat cu **R1**,
17 și cu ajutorul unui senzor de presiune, în cazul de față, o punte Wheatstone, simbolizată prin
R2, R3, R4 și R5. Un curent controlat, **IG1**, este trimis la adâncime către senzorii de tempe-
19 ratură și presiune, prin intermediul unei perechi de fire (**1 la 7**). Tensiunea, **VM1**, de-a lungul
Detectorul Rezistent la Temperatură, este măsurată de-a lungul firelor **2 și 3**. Valoarea de
21 intrare a tensiunii măsurate, **VM1**, are o impedanță ridicată, din acest motiv, firele **2 și 3**
transportă un curent neglijabil; astfel, rezistența cablului are un efect minim asupra măsurării
23 tensiunii. Deoarece curentul în Detectorul Rezistent la Temperatură și tensiunea de-a lungul
acestui sunt ambele cunoscute, rezistența sa este pur și simplu raportul $VM1/IG1$. Tempe-
25 ratura este determinată apoi, cu ajutorul unui tabel de valori, care a fost întocmit în timpul
calibrării Detectorului Rezistent la Temperatură, pentru a determina rezistența acestuia în
27 funcție de temperatură.

Într-o manieră similară, tensiunea aplicată pe puntea Wheatstone este cunoscută prin
29 măsurarea tensiunii **VM3**, utilizând firele **3 și 6**. Astfel, tensiunea de intrare în puntea
Wheatstone poate fi controlată, pentru a se potrivi cu tensiunea aplicată în timpul calibrării
31 acesteia (în mod obișnuit, o intrare de 10 volți, pentru cazul prezentat, cu o punte de 2 kQ,
cu o valoare de intrare a curentului de 5 mA). Tensiunea de ieșire din punte este **VM2**,
33 transportată prin perechea de fire **4 și 5**. Presiunea este determinată apoi dintr-un tabel de
valori, care a fost realizat în timpul calibrării senzorului de presiune, pentru a determina
35 rezistența acestuia în funcție de presiune. În mod obișnuit, traductoarele de presiune sunt
sensibile atât la temperatură, cât și la presiune. Din acest motiv, este utilizată o relație
37 polinomială, pentru a determina răspunsul senzorului ca o funcție atât de temperatură, cât
și de presiune, în timpul procedurii de calibrare, realizată ca o parte a procesului său de
39 fabricație. În plus, de fiecare dată când sunt măsurate temperatura și presiunea, firele de
transport al tensiunii transportă un curent neglijabil, din acest motiv, aceste măsurători sunt
41 relativ insensibile la rezistența cablului.

Cablul de la suprafață are o configurație compactă și standardizată, cu șapte conduc-
43 tori **1÷7**, așa cum este ilustrat în fig. 2. Comparativ cu cablurile multiconductori având mai
mult de șapte fire, această configurație de cablu standardizată cu șapte fire ajută la redu-
45 cerea costului cablului și îmbunătățește atât valoarea protecției asigurate izolației, cât și a
cuprului prin care este transportat curentul, din interiorul tubului metalic de protecție (în mod
47 obișnuit, un diametru exterior de 0,63 centimetri (0,25 inch)) și o grosime a peretelui de
89 μm (0,035 inch)).

RO 123619 B1

În cadrul testelor de laborator, în mod surprinzător, a fost constatată până acum o bună performanță: 14 kPa (2 psi) precizie și nicio perturbare detectabilă la 250°C, pe parcursul unui test cu o durată de 3 săptămâni. Acest test a inclus un senzor din safir de 69 MPa (10kpsi) și un Detector Rezistent la Temperatură pentru corecția temperaturii.

Un alt aspect al invenției se referă la sistemul electronic de la suprafață și la programul de calculator care este destinat să reducă erorile de măsurare datorate interferenței electromagnetice și orice perturbare electrică datorată tensiunilor nedorite, generate de cablu sau conexiunile acestuia. De exemplu, curentul controlat **IG1** este comutat alternativ, din punct de vedere al polarității, pentru a reduce la minimum erorile rezultate din perturbațiile generate de efectele electrice nedorite, cum ar fi termoelectricitatea sau efectul Seebeck și tensiunile galvanicem datorate contactelor metalice diferite, a diferențelor de temperatură și a temperaturilor diferite ale diferitelor joncțiuni electrice și ale firelor din sistem. Comutarea sursei de curent este controlată de către sistemul electronic de la suprafață și acesta aplică comutarea inversă pe măsurătorile de tensiune recepționate, astfel că rezultatul este măsurarea rezistenței reale a respectivului senzor.

O altă caracteristică constructivă constă în sursa de curent controlată, care este comutată utilizând o secvență de cod adecvată cu lungime maximă, pseudo-aleatoare sau pseudo-zgomot (PN) cu polaritatea +1 și -1, pe curentul aplicat. Tensiunile recepționate sunt multiplicare de către aceeași secvență de polaritate, pentru a decoda măsurătoarea într-un rezultat care este mult mai reprezentativ în raport cu tensiunea care este măsurată de-a lungul senzorului rezistor. Această metodă de procesare este ilustrată în fig. 3A și 3B. Această metodă utilizează proprietățile matematice ale codurilor PN, pentru a „împrăștia” interferența coerentă, cum ar fi termoelectricitatea sau tensiunile galvanice generate, electromagnetismul indus de interferența surselor de curent AC, motoare sau firele solenoid, sau comutarea surselor de alimentare. Aceste semnale interferențe sunt răspândite de-a lungul unui spectru larg de frecvență, în timp ce semnalul codat original este comprimat, pentru a obține reprezentări precise ale tensiunilor reale, de-a lungul fiecărui senzor de adâncime. Teoria matematică a spectrului împrăștiat este baza telefoniei mobile și a altor dispozitive de telecomunicație și criptare. În fig. 3A, toate rezistoarele (**R1 la R6 și Rc1, Rc2, Rt1 și Rt2**) au aceeași valoare $\pm 15...120$ ohmi. În fig. 3B, toate rezistoarele (**R1 la R8**) au aceeași valoare $\pm 15...120$ ohmi. Is este egal cu 1,5 mA prin RTD (**T1 și T2**) și 5 mA prin puntea Wheatstone (**T1 și T3**).

RO 123619 B1

1

Revendicări

3

1. Aparat pentru monitorizarea presiunii și/sau a temperaturii, constituit dintr-un element de adâncime și un element de comandă, conectate împreună, în care elementul de adâncime cuprinde un senzor de temperatură (R1) și un senzor de presiune (R2+R5), iar elementul de comandă cuprinde echipamente electronice, necesare pentru funcționarea senzorului de temperatură (R1) și a senzorului de presiune (R2+R5), și cuprinde suplimentar o sursă de curent controlată (IG1), care furnizează un curent electric către elementul de adâncime, curentul electric menționat fiind comutat alternativ din punct de vedere al polarității, **caracterizat prin aceea că:**

11

- elementul de adâncime și elementul de comandă sunt conectate împreună, prin intermediul unei conexiuni etanșe, rezistentă la temperatură ridicată;

13

- elementul de adâncime este încorporat într-o carcasă etanșă, rezistentă la temperatură ridicată;

15

- senzorul de temperatură și senzorul de presiune sunt fiecare constituite din cel puțin un rezistor.

17

2. Aparat conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** elementul de comandă se află la suprafață, iar conexiunea etanșă este un cablu de tipul având o configurație cu șapte fire (1÷7).

19

21

3. Aparat conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** funcționează la o temperatură ridicată de cel mult 250°C.

23

4. Aparat conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** respectiva carcasă etanșă și conexiunea etanșă sunt realizate integral din metal, fără garnituri din material elastomer și/sau polimer.

25

5. Aparat conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** sursa de curent controlată (IG1) este comutată, utilizând o secvență de cod pseudo-aleatoare.

27

6. Aparat conform revendicării 5, **caracterizat prin aceea că** sursa de curent controlată (IG1) este comutată, utilizând o secvență de cod cu lungime maximă, pseudo-aleatoare, cu polaritatea curentului plus unu și/sau minus unu.

29

(51) Int.Cl.

E21B 47/017 (2012.01),

E21B 47/06 (2006.01)

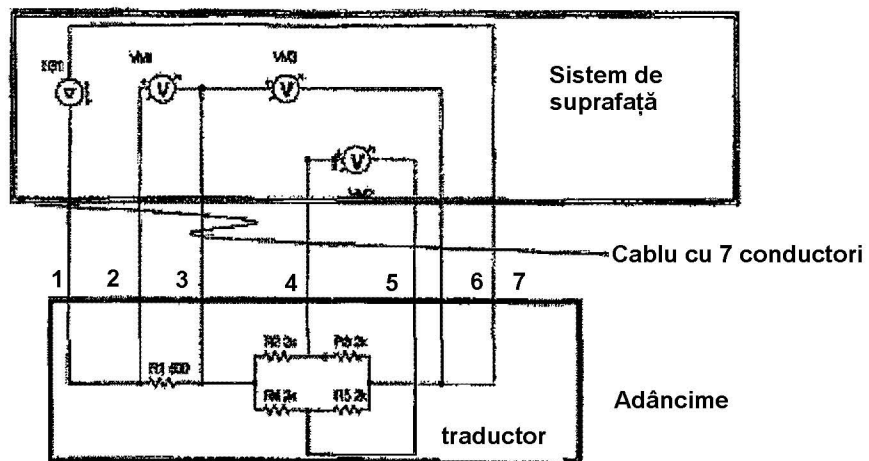


Fig. 1

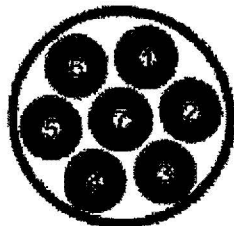


Fig. 2

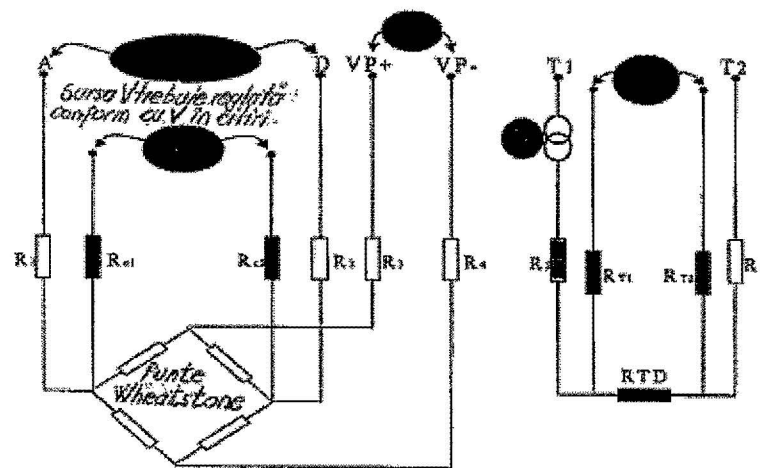
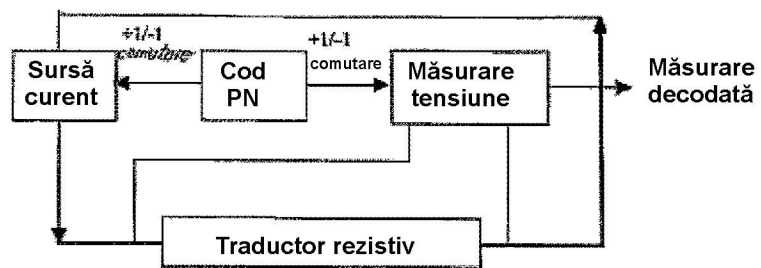


Fig. 3a

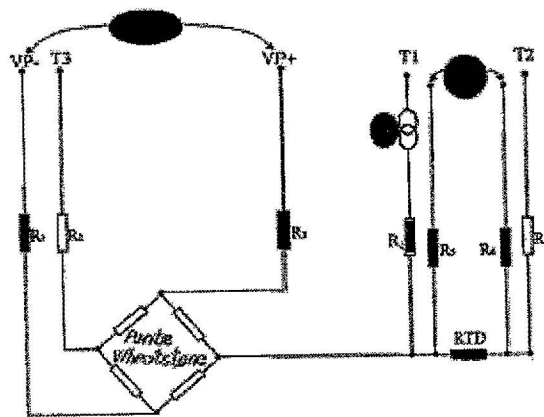
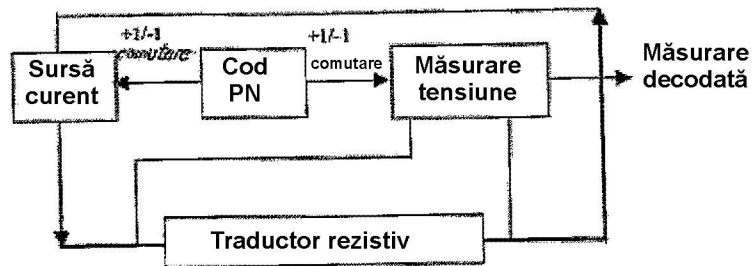


Fig. 3b

