



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2013 00757

(22) Data de depozit: 18.10.2013

(41) Data publicării cererii:  
30.07.2015 BOPI nr. 7/2015

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA "BABEȘ-BOLYAI" DIN  
CLUJ-NAPOCA,  
STR. MIHAIL KOGĂLNICEANU NR.1,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(72) Inventatori:  
• BURDA IOAN, STR. BUCEGI NR.2B,  
AP.25, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;

• POPESCU OCTAVIAN,  
STR. ANATOLE FRANCE NR. 22, AP. 1,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;  
• SIMON SIMION, STR. HOREA NR.4,  
AP.22, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;  
• TUNYAGI ARTHUR ROBERT,  
STR. GENERAL ION DRAGALINA NR.31,  
TURDA, CJ, RO

(54) METODĂ ȘI APARAT PENTRU MĂSURAREA IMPEDANȚEI  
UNUI SENZOR REZONANT

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la un aparat pentru măsurarea impedanței unui senzor rezonant cu răspuns logaritmic. Metoda conform invenției constă în interogarea pasivă a unui senzor (1) rezonant în jurul frecvenței de rezonanță serie-paralel, sau a unei armonice a frecvenței fundamentale prin intermediul unui atenuator (2), cu ajutorul unui semnal de la un generator (3), controlat de un microcontroler (4), în timp ce semnalele de la niște sonde (5 și 6) de tensiune și curent sunt aplicate unor circuite (7 și 8) de detecție logaritmică, urmate de un bloc (9) de procesare analogică la ieșirea căruia se obține o tensiune proporțională cu logaritmul impedanței senzorului (1) rezonant, care este aplicată la intrarea unui convertor (10) analog-digital controlat de microcontroler (4).

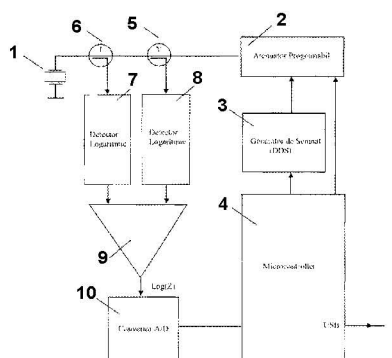
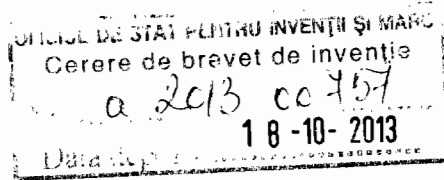


Fig. 1

Revendicări: 3  
Figuri: 2





24

## Metoda și Aparat pentru Măsurarea Impedanței unui Senzor Rezonant

Invenția se referă la o metodă și aparat ce asigură măsurarea impedanței unui senzor rezonant cu răspuns logaritmic prin intermediul unei sonde tensiune-curent în aplicații specifice pentru o microbalanță cu cristal de cuarț disipativă. Metoda și aparatul pentru măsurarea impedanței unui senzor rezonant elimină post-procesarea digitală tipică unei abordări standard, oferind astfel posibilitatea realizării unui aparat compact/portabil cu un consum redus de energie.

Microbalanța cu Cristal de Cuarț este bazată pe un senzor sensibil de masă format dintr-un cristal de cuarț cu doi electrozi. Cristalul de cuarț este folosit ca senzor în măsurarea unor mase extrem de mici, de ordinul nano-gramelor (Quartz Crystal Microbalance, QCM) [1]. În metoda QCM, eșantionul este depus, de regulă, pe unul dintre electrozii cristalului de cuarț. În funcție de masa depusă, apare o modificare a frecvenței de rezonanță (relația Sauerbrey,  $\Delta f = - \text{const} \Delta m$ ), respectiv modificarea parametrilor electromecanici (modelul circuitului echivalent, Butterworth-van-Dyke (BVD)). Cristalul de cuarț este un senzor complex [2, 3] folosit inițial pentru aplicații specifice depunerii de straturi subțiri sau pentru măsurarea prezenței unor substanțe volatile în aer. În toate aceste cazuri, o dependență liniară între deplasarea de frecvență și masa depusă a fost pusă în evidență.

Recent au fost dezvoltate aplicații ale QCM pentru măsurători în mediu lichid [4]. Cu această ocazie, a fost pusă în evidență o nouă dependență între masa depusă pe un electrod și deplasarea de frecvență, în acord cu modelul Kanazawa. Un nou parametru care definește nu numai masa de substanță depusă pe un electrod, dar și proprietățile mecanice ale acesteia (elasticitatea), a fost evidențiat prin măsurarea factorului de disipare. În acest sens, a fost dezvoltat un nou tip de microbalanță cu cristal de cuarț numită microbalanță cu cristal de cuarț disipativă (QCM-D) [5], pentru care a fost stabilit modelul teoretic și suportul experimental. Microbalanța cu cristal de cuarț disipativă măsoară simultan frecvența de rezonanță a senzorului și factorul de disipare [6, 7], care este determinat de masa depusă pe un electrod și de mediul de lucru. În acest fel, este posibilă studierea modului de formare a unor straturi subțiri de polimeri, proteine, celule sau a altor sisteme complexe absorbite pe suprafața unui electrod al senzorului rezonant.

Implementarea simplificată a principalelor blocuri funcționale ale unui analizor de rețea și a unei sonde VI (tensiune - curent) nu a reușit să producă un echipament suficient de simplu și performant pentru realizarea unor aplicații comerciale specifice microbalantei cu cristal de cuarț. Problema tipică a acestor implementări simplificate este determinată post-procesarea digitală a semnalelor de la sonde ceea ce implică utilizarea unor microprocesore dedicate (DSP – Digital Signal Processing) cu mare putere de

procesare. Astfel, utilizarea unui analizor de rețea pentru implementarea funcțiilor specifice unei aplicații QCM sau QCM-D se rezumă la investigații de laborator fără a putea transfera eficient metoda la echipamente compacte și/sau portabile.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este implementarea unei metode într-un aparat de măsurare a impedanței unui senzor rezonant în condiții de interogare pasivă a sensorului în jurul frecvenței de rezonanță serie-paralelă fundamentală sau o armonică a acesteia, limitată doar de factorul de calitate a senzorului rezonant, într-un domeniu larg de frecvență.

Metoda și aparatul pentru măsurarea impedanței unui senzor rezonant, conform invenției, se referă la utilizarea de sonde tensiune - curent urmate de detectoare logaritmice la ieșirea cărora avem o procesare analogică (sumator) a semnalelor

$$\log Z = \log V - \log I,$$

care asigură măsurarea directă și precisă a impedanței în jurul frecvenței de rezonanță serie-paralel a rezonatorului în orice mediu experimental, independent de efectele produse de acesta.

Invenția poate fi exploatată pentru realizarea unor aplicații specifice QCM într-o bandă largă de frecvențe de rezonanță ale sensorului prin interogarea pasivă a acestuia fără limitări induse de mediul de lucru.

Metoda și aparatul pentru măsurarea impedanței unui senzor rezonant, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- asigură interogarea pasivă a senzorului rezonant în jurul frecvenței de rezonanță serie-paralelă fundamentală sau armonice independent de proprietățile elastice ale eșantionului depus pe electrod/electrozi sau de mediul de lucru;
- implementarea metodei și aparatului pentru măsurarea impedanței unui senzor rezonant apelează la componente electronice standardizate cu implicații benefice asupra prețului de cost;
- determină o simplificare a procesării și interpretării datelor experimentale prin procesarea analogică, avasată a semnalelor asigurând măsurarea directă a impedanței unui senzor rezonant printr-o interogare pasivă.
- integrarea, miniaturizarea într-un aparat unic a tuturor funcțiilor specifice unei microbalanțe cu cristal de cuarț disipative, folosind un microcontroler cu interfață USB integrată;

- asigură un consum redus de energie; aparatul la care se referă invenția este alimentat din interfața USB fără să fi nevoie de o sursă externă.

Se dă, în continuare, un exemplu de aplicare a invenției, și în acest sens fig. 1, 2 reprezintă:

- fig. 1, schema bloc pentru măsurarea impedanței unui sensor rezonant;
- fig. 2, răspunsul dinamic al sensorului rezonant în funcție de (a) masa depusa pe electrozi/electrod, (b) funcție de rezistența moțională aparentă indusă de proprietățile elastice ale materialului depus.

Metoda și aparatul pentru măsurarea impedanței unui sensor rezonant, conform invenției, (fig. 1) asigură interogarea pasivă a sensorului rezonant (1) în jurul frecvenței de rezonanță serie-paralel sau o armonică a frecvenței fundamentale prin intermediul unui atenuator (2) cu ajutorul semnalului (DDS – Direct Digital Synthesis) de la un generator (3) controlat de microcontrolerul (4) semnalele de la sondele de tensiune (5) și curent (6) sunt aplicate unor circuite de detecție logaritmică (7) respectiv (8) urmate de un bloc de procesare analogică (9) la ieșirea căruia avem o tensiune proporțională cu logaritmul impedanței sensorului rezonant aplicată la intrarea convertorului analog-digital (10) controlat de microcontrolerului (4).

Răspunsul dinamic (fig. 2) al sensorului rezonant (1) în funcție de (a) masa depusa pe electrozi/electrod, (b) funcție de rezistența moțională aparentă indusă de proprietățile elastice ale materialului depus a fost simulată parametric în PSPICE și confirmă functionalitatea și robustețea metodei și aparatului pentru măsurarea impedanței unui sensor rezonant. Blocurile (7) și (8) pot fi implementate în jurul circuitelor integrate AD8307. Generatorul de semnal (DDS) (3) poate fi realizat în jurul circuitului integrat AD9851 pentru interogarea pasivă a senzorilor cu frecvențe de până la 60 - 70 MHz.

## Revendicări

1. Metodă și aparat pentru măsurarea impedanței unui senzor rezonant (fig. 1) caracterizată prin aceea că asigură interogarea pasivă a senzorului rezonant (1) în jurul frecvenței de rezonanță serie-paralel sau o armonică a frecvenței fundamentale prin intermediul unui atenuator (2) cu ajutorul semnalului (DDS – Direct Digital Synthesis) de la un generator (3) controlat de microcontrolerul (4) semnalele de la sondele de tensiune (5) și curent (6) sunt aplicate unor circuite de detecție logaritmică (7) respectiv (8) urmate de un bloc de procesare analogică (9) la ieșirea căruia avem o tensiune proporțională cu logaritmul impedanței senzorului rezonant aplicată la intrarea convertorului analog-digital (10) controlat de microcontrolerului (4).
2. Aparat pentru măsurarea factorului de disipare a unui senzor rezonant (fig. 1), în conformitate cu revendicarea 1, caracterizată prin aceea că asigură procesarea analogică (9) a semnalului de la detectoarele logaritmice (7) și (8) urmata de conversia analog-digitală a semnalului (10).
3. Metodă și aparat pentru măsurarea factorului de disipare a unui senzor rezonant, în conformitate cu revendicarea 1 și 2 caracterizată prin aceea că asigură interogarea senzorului pe frecvența de rezonanță serie-paralel sau o armonică și automatizarea procesului de achiziție a semnalului procesat analogic (fig. 2), prin intermediul unui microcontroler (4) cu interfață USB integrată.

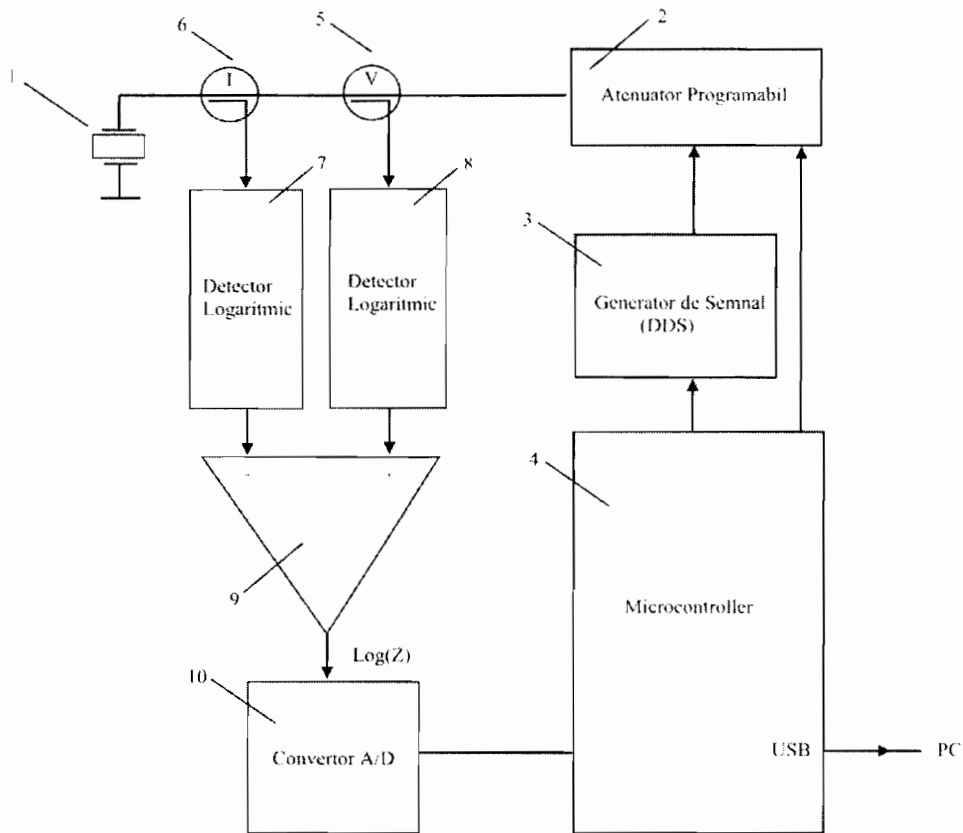


Fig. 1

*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*



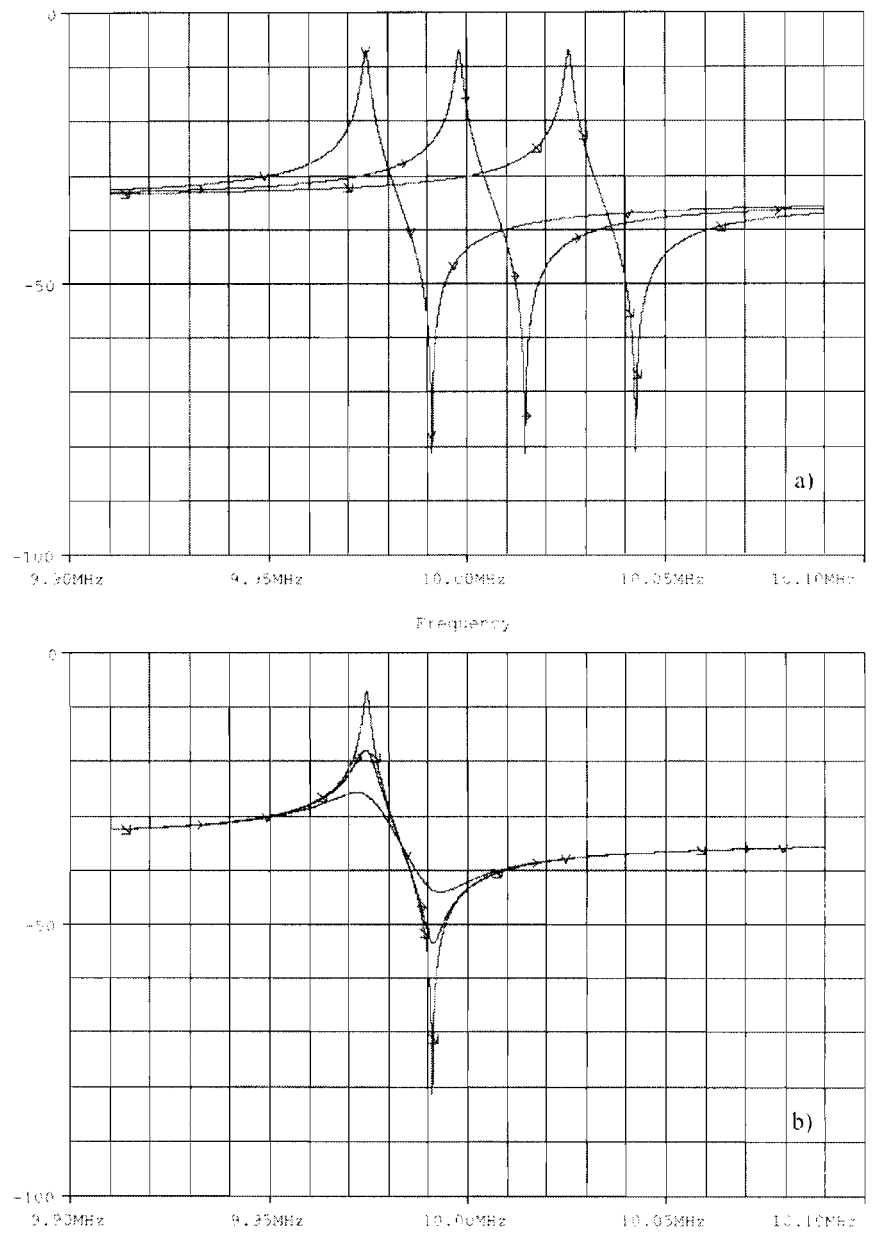


Fig. 2

*H.K.*  
*Copescu*  
*Tucsi*