



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2021 00747**

(22) Data de depozit: **07/12/2021**

(41) Data publicării cererii:
30/06/2023 BOPI nr. **6/2023**

(71) Solicitant:
• **CENTRUL INTERNAȚIONAL DE
BIODINAMICĂ, INTRAREA
PORTOCALOR, NR.1B, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **GHEORGHIU EUGEN, BD.UNIRII NR.12,
BL.7 C, SC.A, AP.18, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **DAVID MIHAI SORIN,
STR. STANISLAV CIHOSCHI NR. 7, AP. 4,
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **GHEORGHIU MIHAELA, BD. UNIRII
NR. 12, BL.7C, SC.A, AP.18, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO**

(54) **METODĂ DE DETERMINARE CU PRECIZIE A AMPLITUDINII
UNUI SEMNAL FORMAT DIN PULSURI REPETITIVE
DREPTUNGHIULARE ȘI A DECALAJELOR TEMPORALE
ALE UNUI SEMNAL FORMAT DIN PULSURI REPETITIVE
DISTORSIONATE, FAȚĂDE IMPULSURI DE REFERINȚĂ**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de determinare a amplitudinii unui semnal format din pulsuri repetitive dreptunghiulare și a decalajelor temporale ale unui semnal format din pulsuri repetitive distorsionate față de pulsuri de referință, cu aplicabilitate în biomedicină, de ex. pentru determinarea concentrației unor analiți țintă, pentru analize de bioimpedanță electrică, pentru determinarea parametrilor unui circuit electric sau pentru caracterizarea proprietăților unor materiale prin aplicarea de

semnale electromagnetice sau mecanice de tip puls. Metoda conform invenției permite obținerea directă, prin analiză Fourier, a amplitudinii pulsurilor de interes, a căror frecvență e cunoscută, și caracterizarea distorsiunilor pulsurilor repetitive prin determinarea decalajelor temporale față de pulsurile care le-au generat.

Revendicări: 2
Figuri: 2



Metodă de determinare cu precizie a amplitudinii unui semnal format din pulsuri repetitive dreptunghiulare și a decalajelor temporale ale unui semnal format din pulsuri repetitive distorsionate, față de pulsuri de referință

DESCRIERE

Invenția se referă la o metodă de măsurare a efectelor aplicării unor pulsuri repetitive dreptunghiulare simetrice, respectiv de determinare cu precizie a amplitudinii și a decalajelor temporale ale pulsurilor rezultate (timpii de creștere, respectiv de cădere), față de pulsurile care le-au generat, utilizând un sistem de măsură al cărui rezultat este dependent de un factor de amplificare necunoscut, sau variabil în timp cu o dinamică mai lentă decât cea a semnalului măsurat.

Metoda are aplicații practice cu relevanță în: biomedicină, precum determinarea concentrației unor analiți țintă (de exemplu, microorganisme) prin evaluarea parametrilor (de exemplu dimensiunea și structura) unor agregate alcătuite din microorganisme și particule magnetice care se deplasează sub influența unui câmp magnetic periodic (aplicat sub forma unor pulsuri repetitive), pentru analize de bioimpedanță electrică sau determinarea parametrilor unui circuit electric (prin determinarea impedanței electrice a unei probe), sau pentru caracterizarea proprietăților unor materiale prin aplicarea de semnale electromagnetice sau mecanice de tip puls.

Metodele de caracterizare a unor pulsuri repetitive se bazează fie pe analiza directă a semnalelor (seriei temporale), sau pe implementarea unor metode de colectare și amplificare a semnalelor:

- a) În brevetul US 2006/0100539 A1, este descrisă o metodă și un dispozitiv de măsură a bioimpedanței electrice prin utilizarea unui sistem de detecție sincronizat cu aplicarea semnalului
- b) În articolul Hudlicka M., et al, "Practical aspects of a pulse generator calibration" în IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, 23, 2, 13-20 (2020) este descrisă o metodă laborioasă de caracterizare a pulsurilor dreptunghiulare.

Dezavantajul principal al metodelor descrise mai sus constă în complexitatea abordărilor și în precizia limitată a rezultatelor obținute.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este aceea că permite obținerea directă, prin analiza Fourier (transformata Fourier discretă) a amplitudinii pulsurilor de interes, a căror frecvență este cunoscută, caracterizarea distorsiunilor pulsurilor repetitive, prin determinarea decalajelor temporale față de pulsurile care le-au generat, precum și monitorizarea calității sistemului de măsură.

Avantajul metodei propuse, spre deosebire de metodele existente, care utilizează sisteme de măsură cu complexitate crescută, este reprezentat de faptul că determinarea distorsiunilor precum și a amplitudinii pulsurilor dreptunghiulare, repetitive de interes, a căror frecvență este cunoscută, se realizează cu ajutorul măsurării unor pulsuri de referință dreptunghiulare, nedistorsionate, cu același factor de umplere cu pulsurile de interes, cu amplitudinile și frecvențele cunoscute.

Se prezintă în continuare un exemplu de realizare a acestei metode (care nu limitează domeniul său de aplicare) și în legătură cu figurile 1 – 3 care reprezintă:

Figura 1- Schema metodei de determinare a amplitudinii unor pulsuri repetitive dreptunghiulare

Figura 2 Corectarea unui semnal distorsionat prin refacerea formei de undă dreptunghiulare

Modul de funcționare a metodei conform invenției este prezentat în Figura 1.

1. Se măsoară semnalul probă format din pulsuri repetitive dreptunghiulare (1), cu perioada (frecvența) cunoscută, $F_{rp}=1/T_p$, pentru care dorim să determinăm amplitudinea,
2. Se adună la semnalul probă două semnale de forma unor pulsuri repetitive dreptunghiulare simetrice (2) și (3), de referință, cu amplitudinile cunoscute și frecvența de două, respectiv de patru ori mai mare decât frecvența pulsului probă și se stabilește intervalul de măsură, T_t , egal cu un număr întreg de perioade ale pulsului probei, NP_t , $T_t = NP_t * T_p$, precum și pasul de eșantionare, Pas , egal cu raportul dintre perioada pulsului probei și $NP = 2^{nc}$, cu exponentul nc , număr întreg, cunoscut.
3. Se măsoară seria temporală $Date$ (4), pe durata T_t , cu pasul de eșantionare Pas , care conține suprapunerea semnalelor probei și a celor două referințe
4. Se simetrizează secvența $Date$, prin centrarea pe zero succesiv a celor NP_t intervale (segmente) care conțin NP puncte de măsură, astfel încât valoarea medie să fie $= 0$ ($\pm 1\%$ din valoarea maximă), obținându-se seria $DateSym$.
5. Se calculează transformata Fourier discretă a seriei măsurate $DateSym$ și se determină amplitudinile corespunzătoare frecvențelor fundamentale pentru probă și cele două pulsuri de referință

$$A_{jF} = \alpha \frac{4}{\pi} A_{Puls\ j}; \quad j = 0,1,2$$

unde A_{jF} reprezintă amplitudinile aferente frecvențelor fundamentale pentru probă, A_{Puls0} , respectiv pentru cele două pulsuri de referință, A_{Puls1} și A_{Puls2} , iar α reprezintă un factor necunoscut (asociat funcționării sistemului de măsură, de exemplu produsul dintre tensiunea generatorului și factorul de amplificare).

6. Utilizând cele trei amplitudini ale frecvențelor fundamentale, se determină amplitudinea pulsului repetitiv dreptunghiular, corespunzător probei și un parametru indicator care monitorizează calitatea măsurătorii, $RapQ(t)$. Abaterea $RapQ(t)$ de la valoarea unu, semnalizează apariția unei disfuncții în funcționarea sistemului de măsură:

$$A_{Puls01} = A_{Puls1} \frac{A_{0F}}{A_{1F}}; \quad A_{Puls02} = A_{Puls2} \frac{A_{0F}}{A_{2F}};$$

$$A_{Puls0} = \frac{A_{Puls01} + A_{Puls02}}{2};$$

$$RapQ(t) = \frac{A_{Puls01}(t)}{A_{Puls02}(t)}$$

7. În conformitate cu figura 2 se corectează distorsiunile unui semnal (1a), refăcând forma dreptunghiulară a pulsului probă (1). Considerăm că timpii de creștere, respectiv de cădere se extind până la o valoare T_{Prag} , de regulă $T_{Prag} < T_p/4$

Se corectează datele $DateSym$ corespunzătoare semnalului (1a), considerând succesiv cele NP_t intervalele cu durata T_p . Valorile măsurate în prima jumătate a fiecărui, până la pragul T_{Prag} , se înlocuiesc succesiv cu inversul valorilor (cu semn opus), situate simetric față de centrul intervalului respectiv i.e. în a doua jumătate a intervalului. Valorile măsurate de la jumătatea intervalului, până la pragul T_{Prag} , se înlocuiesc succesiv cu inversul valorilor (cu semn opus) situate simetric față de centrul intervalului respectiv i.e. în prima jumătate a intervalului.

Corecțiile conduc la obținerea setului de date DateSymCor, aferente unui semnal repetitiv alcătuit din pulsuri dreptunghiulare simetrice, a căror amplitudine se determină urmând pașii descriși la punctul 5.

8. Se determină distinct timpii de creștere, respectiv de cădere asociate pulsurilor repetitive distorsionate, T_{real1c} , T_{real2c} , în ordinea în care se manifestă aceste etape în semnalul măsurat, Date. Considerăm pentru valorile inițiale T_{real1} , și T_{real2} valoarea T_{Prag} . Deoarece semnale alcătuite din pulsuri repetitive a căror formă nu este dreptunghiulară (sunt distorsionate) au o altă comportare spectrală relevantă de analiza Fourier, se repetă iterativ procedura descrisă la punctul 6. scăzând succesiv din valoarea T_{real1} valoarea $PasT$, corespunzătoare preciziei urmărite și se compară valoarea amplitudinii rezultate A_{pulsOR} , cu valoarea A_{puls0} inițiale (corespunzătoare $T_{real1i} = T_{real2i} = T_{Prag}$). Atunci când $|A_{pulsOR}/A_{puls0} - 1|$, depășește o valoare prag (e.g. 1%) iterația se oprește și considerăm valoarea anterioară, respectiv $T_{real1c} = T_{real1} - PasT$. Se repetă apoi aceeași procedură, pentru determinarea T_{real2c} , considerând pentru T_{real1} , valoarea inițială T_{Prag} .

Monitorizarea amplitudinii și a timpilor de creștere, respectiv de scădere asociate pulsurilor repetitive distorsionate permite: (a) monitorizarea procesului de formare a unor agregate alcătuite din microorganisme și nanoparticule magnetice, care se deplasează magnetoforetic între doi microelectrozi prin analize de impedanță electrică, precum și (b) evaluarea parametrilor electrici asociați impedanței agregatelor cu relevarea modificărilor induse de acțiunea unor agenți antimicrobieni.



Revendicări

1. Metodă de determinare cu precizie a amplitudinii unui semnal format din pulsuri repetitive dreptunghiulare și a decalajelor temporale ale unui semnal format din pulsuri repetitive distorsionate, față de pulsuri de referință **caracterizată prin aceea că** este formată din următorii pași:

- i. Se măsoară semnalul probă format din pulsuri repetitive dreptunghiulare (1), cu perioada (frecvența) cunoscută, $F_{rp}=1/T_p$, pentru care dorim să determinăm amplitudinea,
- ii. Se adună la semnalul probă două semnale de forma unor pulsuri repetitive dreptunghiulare simetrice (2) și (3), de referință, cu amplitudinile cunoscute și frecvența de două, respectiv de patru ori mai mare decât frecvența pulsului probă și se stabilește intervalul de măsură, T_t , egal cu un număr întreg de perioade ale pulsului probei, N_{Pt} , $T_t = N_{Pt} * T_p$, precum și pasul de eșantionare, Pas , egal cu raportul dintre perioada pulsului probei și $N_{Pt} = 2^{nc}$, cu exponentul nc , număr întreg, cunoscut.
- iii. Se măsoară seria temporală Date (4), pe durata T_t , cu pasul de eșantionare Pas , care conține suprapunerea semnalelor probei și a celor două referințe
- iv. Se simetrizează secvența Date, prin centrarea pe zero succesiv a celor N_{Pt} intervale (segmente) care conțin NP puncte de măsură, obținându-se seria DateSym.
- v. Se calculează transformata Fourier discretă a seriei măsurate DateSym și se determină amplitudinile corespunzătoare frecvențelor fundamentale pentru probă și cele două pulsuri de referință
 - a. $A_{jF} = \alpha \frac{4}{\pi} A_{Puls j}$; $j = 0,1,2$
 - b. unde A_{jF} reprezintă amplitudinile aferente frecvențelor fundamentale pentru probă, A_{Puls0} , respectiv pentru cele două pulsuri de referință, A_{Puls1} și A_{Puls2} , iar α reprezintă un factor necunoscut (asociat funcționării sistemului de măsură, de exemplu produsul dintre tensiunea generatorului și factorul de amplificare).
- vi. Utilizând cele trei amplitudini ale frecvențelor fundamentale, se determină amplitudinea pulsului repetitiv dreptunghiular, corespunzător probei și un parametru indicator care monitorizează calitatea măsurătorii, $RapQ(t)$. Abaterea $RapQ(t)$ de la valoarea unu, semnalizează apariția unei disfuncții în funcționarea sistemului de măsură:

$$a. A_{Puls01} = A_{Puls1} \frac{A_{0F}}{A_{1F}}; A_{Puls02} = A_{Puls2} \frac{A_{0F}}{A_{2F}};$$

$$b. A_{Puls0} = \frac{A_{Puls01} + A_{Puls02}}{2};$$

$$c. RapQ(t) = \frac{A_{Puls01}(t)}{A_{Puls02}(t)}$$

2. Metoda conform revendicării 1 **caracterizată prin aceea că** se corectează distorsiunile unui semnal (1a), refăcând forma dreptunghiulară a pulsului probă (1) astfel:

- i. Considerăm că timpii de creștere, respectiv de cădere se extind până la o valoare T_{Prag} , de regulă $T_{Prag} < T_p/4$
- ii. Se corectează datele DateSym, considerând succesiv cele N_{Pt} intervalele cu durata T_p . Valorile măsurate în prima jumătate a fiecărui, până la pragul T_{Prag} , se înlocuiesc succesiv

- cu inversul valorilor (cu semn opus), situate simetric față de centrul intervalului respectiv i.e. în a doua jumătate a intervalului. Valorile măsurate de la jumătatea intervalului, până la pragul T_{Prag} , se înlocuiesc succesiv cu inversul valorilor (cu semn opus) situate simetric față de centrul intervalului respectiv i.e. în prima jumătate a intervalului.
- iii. Corecțiile conduc la obținerea setului de date $DateSymCor$, aferente unui semnal repetitiv alcătuit din pulsuri dreptunghiulare simetrice, a căror amplitudine se determină urmând pașii descriși la punctul 5.
- iv. Se determină distinct timpii de creștere, respectiv de cădere asociate pulsurilor repetitive distorsionate, T_{real1c} , T_{real2c} , în ordinea în care se manifestă aceste etape în semnalul măsurat, $Date$. Considerăm pentru valorile inițiale T_{real1} , și T_{real2} valoarea T_{Prag} . Deoarece semnale alcătuite din pulsuri repetitive a căror formă nu este dreptunghiulară (sunt distorsionate) au o altă comportare spectrală relevantă de analiza Fourier, se repetă iterativ procedura descrisă la punctul 6. scăzând succesiv din valoarea T_{real1} valoarea $PasT$, corespunzătoare preciziei urmărite și se compară valoarea amplitudinii rezultate A_{puls0R} , cu valoarea A_{puls0} inițiale (corespunzătoare $T_{real1i} = T_{real2i} = T_{Prag}$). Atunci când $|A_{puls0R}/A_{puls0} - 1|$, depășește o valoare prag (e.g. 1%) iterația se oprește și considerăm valoarea anterioară, respectiv $T_{real1c} = T_{real1} - PasT$. Se repetă apoi aceeași procedură, pentru determinarea T_{real2c} , considerând pentru T_{real1} , valoarea inițială T_{Prag} .



Desene

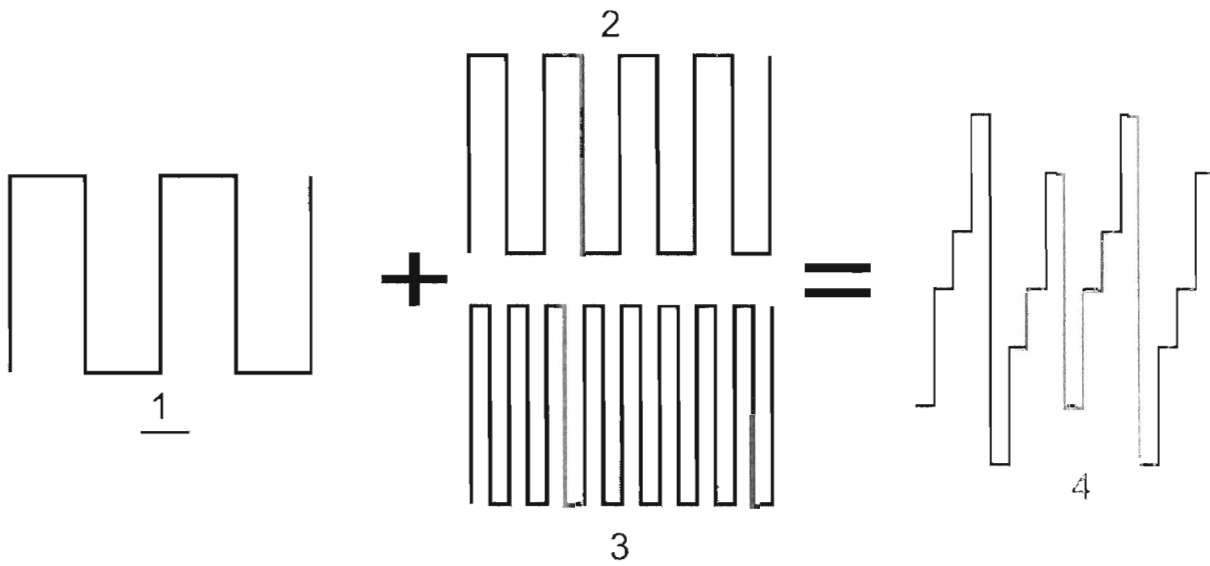


Figura 1- Schema metodei de determinare a amplitudinii unor pulsuri repetitive dreptunghiulare

A
B

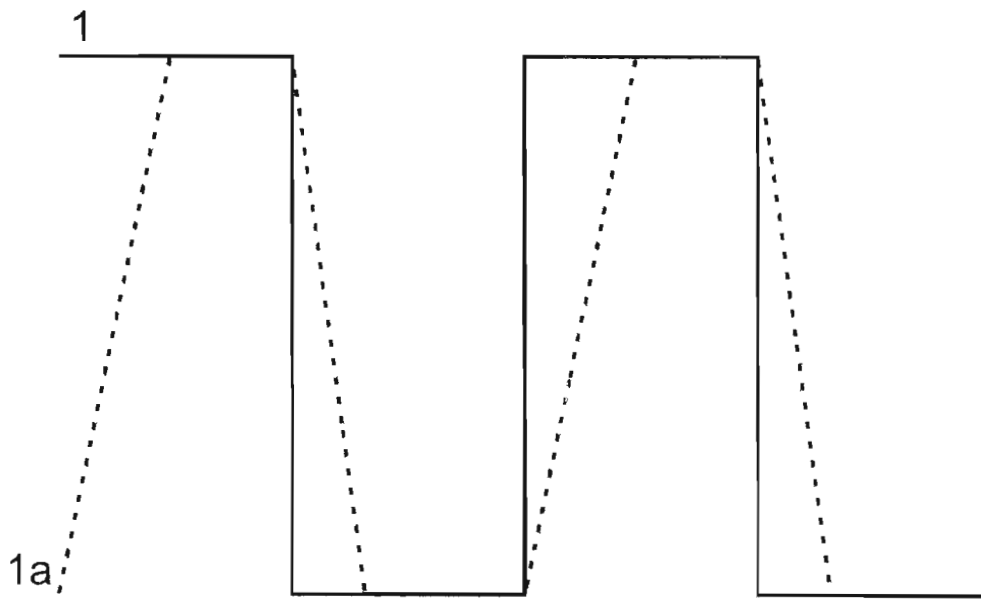


Figura 2 Corectarea unui semnal distorsionat prin refacerea formei de undă dreptunghiulare