



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2014 00894

(22) Data de depozit: 20/11/2014

(41) Data publicării cererii:
30/06/2016 BOPI nr. 6/2016

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

(72) Inventatori:
• DULF EVA-HENRIETTA, STR. LIVEZII
NR. 28, CLUJ- NAPOCA, CJ, RO;

• MUNTEANU RADU ADRIAN,
STR. ALEXANDRU VLAHUȚĂ, BL. LAMA C,
AP.29, CLUJ NAPOCA, CJ, RO;
• FEȘȚILĂ CLEMENT, STR. SCORȚĂRIILOR
NR. 36 AP. 17, COD 400186,
CLUJ- NAPOCA, CJ, RO;
• MUNTEANU RADU IOAN,
STR. ALEXANDRU VLAHUȚĂ, BL. LAMĂ C,
SC. 2, AP. 69, CLUJ NAPOCA, CJ, RO

(54) ALGORITM DIRECT, SIMPLIFICAT PENTRU
DETERMINAREA RĂSPUNSULUI FRECVENȚIAL LA
SEMNALE SINUSOIDALE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un algoritm direct, pentru determinarea răspunsului frecvențial la semnale sinusoidale. Algoritmul conform invenției constă în efectuarea integrării semnalului pe intervale de timp bine definite, pentru a obține componenta reală și componenta imaginară a răspunsului frecvențial, eliminând efectuarea corelației și, implicit, multiplicatoarele din variantele clasice. Conform invenției, un generator produce un semnal $(u(t))$ sinusoidal de frecvență controlată și amplitudine constantă, precum și două semnale $(c_1$ și c_2) dreptunghiulare de control, sincronizate cu semnalul $(u(t))$ sinusoidal, semnalul $(y(t))$ de ieșire din sistem, analizat, este aplicat la intrările unor releee $(C_1$ și C_2) controlate de semnalele $(c_1$ și c_2) dreptunghiulare, iar semnalele de ieșire ale releelor $(C_1$ și C_2) sunt conduse la două filtre trece-jos (FTJ), obținându-se cele două componente, reală $Re[H(j\omega)]$ și imaginară $Im[H(j\omega)]$, a răspunsului frecvențial $[H(j\omega)]$.

Revendicări: 3
Figuri: 4

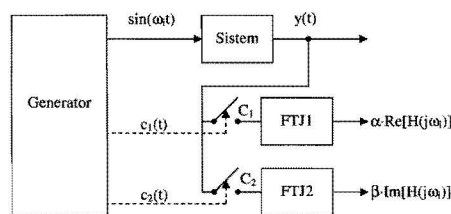


Fig. 2

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).



Algoritm direct, simplificat pentru determinarea răspunsului frecvențial la semnale sinusoidale

Analiza frecvențială este aplicabilă în identificarea experimentală a sistemelor - întâlnite în Automatică, Electrotehnică și Electronică, Robotică, etc., dar poate avea și aplicații industriale - și constă în aplicarea la intrarea sistemelor a unor semnale sinusoidale de diferite frecvențe și studierea semnalului de ieșire obținut. Datorită importanței metodei, s-au construit analizoare frecvențiale convenționale, complicate și scumpe, bazate pe metoda matematică a corelației. Acestea conțin - pe lângă generatorul de semnal sinusoidal și cosinusoidal cu frecvențe și amplitudini controlate - multiplicatoare și integroare, în variante analogice sau numerice. La ieșire se obține componenta reală, respectiv imaginară, a răspunsului frecvențial, notat $H(j\omega)$. Partea cea mai complicată și care afectează direct precizia analizorului este multiplicatorul de semnal.

Potrivit invenției se propune o soluție directă, mult mai simplă, ieftină și ușor de implementat, care nu necesită multiplicatoare, soluție bazată pe rele (electronice). Noutatea soluției tehnice, în cazul invenției, constă în efectuarea *integrării* semnalului pe intervale de timp *bine definite*, pentru a obține componentele $\text{Re}(\omega)$ și $\text{Im}(\omega)$, eliminând efectuarea corelației și, implicit, multiplicatoarele, inerente, în variantele clasice. Potrivit invenției, un generator produce un semnal sinusoidal $u(t)$ (de frecvență controlată și amplitudine constantă), precum și două semnale dreptunghiulare de control $c_1(t)$ și $c_2(t)$, sincronizate cu semnalul sinusoidal, corespunzător Figurii 1. Delimitarea domeniilor de integrare se bazează pe controlul strict a celor două comutatoare electronice sincronizate cu semnalul $u(t)$.

Semnalul de ieșire analizat, $y(t) = M \cdot \sin(\omega_i \cdot t + \varphi)$, este aplicat la intrările releelor C_1 și C_2 , controlate de semnalele $c_1(t)$, respectiv $c_2(t)$, iar semnalele de ieșire ale releelor sunt conduse la două filtre trece jos (FTJ), Figura 2. La orice pulsație (ω^*), cu $T^* = \frac{2\pi}{\omega^*}$,

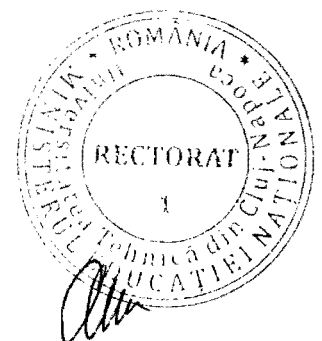
comutatorul (C_1) se închide pe durata $(0 + T^*/2)$, rămânând deschis pe intervalul de timp $(T^*/2 + T^*)$, ș.a.m.d., iar contactul (C_2) se închide pe intervalul $(T^*/4 + 3T^*/4)$, pe restul perioadei rămânând deschis. Semnalul binar generat are valoarea „1” logic pe intervalul $(0 + T^*/2)$ și valoarea „0” logic pe intervalul $(T^*/2 + T^*)$, controlând astfel releul C_1 („1” logic $\Rightarrow C_1$ închis). Semnalul binar are valoarea „1” pe intervalul $(T^*/4 + 3T^*/4)$, fiind „0” logic pe restul perioadei, controlând comutatorul electronic (C_2). Astfel, potrivit invenției, se realizează pe fiecare perioadă următoarele relații matematice:

$$\int_0^{T_1/2} y(t) dt = \int_0^{T_1/2} M \cdot \sin(\omega_i \cdot t + \varphi) dt = \alpha \cdot M \cdot \cos \varphi = \alpha \cdot \text{Re}[H(j\omega_i)]$$

în care $\text{Re}[H(j\omega_i)] = M(\omega_i) \cdot \cos(\varphi(\omega_i))$

și
$$\int_{T_1/4}^{3T_1/4} y(t) dt = \int_{T_1/4}^{3T_1/4} M \cdot \sin(\omega_i \cdot t + \varphi) dt = \beta \cdot \text{Im}[H(j\omega_i)]$$

în care $\text{Im}[H(j\omega_i)] = M(\omega_i) \cdot \sin(\varphi(\omega_i))$, iar T_1 reprezintă o perioadă.



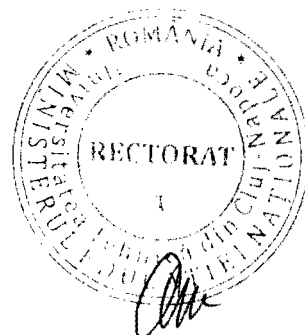
O altă noutate, potrivit invenției, este înlocuirea integratoarelor din metodele convenționale cu filtre de mediere de tip trece-jos.

Prin acest algoritm rezultă direct, după filtrare, componenta reală și componenta imaginară a răspunsului la frecvență. Există relații matematice simple prin care se poate determina ușor modulul și faza răspunsului, folosind componenta reală și imaginară obținută prin algoritmul propus. Datorită simplității, a timpului foarte scurt de obținere a rezultatelor răspunsului frecvențial și a eficacității metodei, este ușurată foarte mult posibilitatea aplicării directe a unor semnale sinusoidale cu variația continuă a frecvenței (de exemplu semnale „chirp”). Aplicarea acestor semnale la metodele convenționale este greoaie și necesită un timp foarte lung.

În Figura 3 sunt prezentate comparativ răspunsurile obținute în mediul de simulare Matlab® pentru metoda „convențională, cu multiplicatoare” și, respectiv, prin metoda propusă potrivit invenției. Este ușor de constatat echivalența între rezultatele obținute, dovedind aceeași precizie a metodei propuse ca și în cazul metodelor convenționale existente. Diferențele dintre semnale se datorează metodelor folosite, dar informația utilă furnizată de semnale este identică.

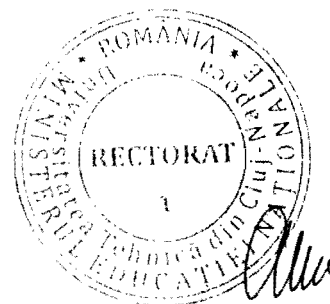
În Figura 4 se compară un răspuns frecvențial folosind metoda potrivit invenției cu rezultatele teoretice exacte, calculate în Matlab®, dovedind similitudinea informației utile furnizate de algoritmul propus, comparativ cu valoarea teoretică obținută.

Din Figurile 3 și 4 rezultă eficacitatea evidentă a algoritmului propus, chiar dacă structura de implementare a aparaturii este mult mai simplă și mai ieftină decât variantele existente pe piață.



Revendicări

1. Algoritm direct, simplificat pentru determinarea răspunsului frecvențial la semnale sinusoidale, de concepție originală, caracterizat prin aceea că evită folosirea multiplicatoarelor, care reprezintă principala problemă a algoritmilor convenționali.
2. Algoritm direct, simplificat pentru determinarea răspunsului frecvențial la semnale sinusoidale, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că folosește relee electronice cu durate a stărilor închis / deschis precis controlate.
3. Algoritm direct, simplificat pentru determinarea răspunsului frecvențial la semnale sinusoidale, conform revendicărilor 1 și 2, caracterizat prin aceea că reprezintă o posibilitate simplă de implementare practică și înlocuiește integratoarele din metodele convenționale cu filtre de mediere de tip trece-jos.



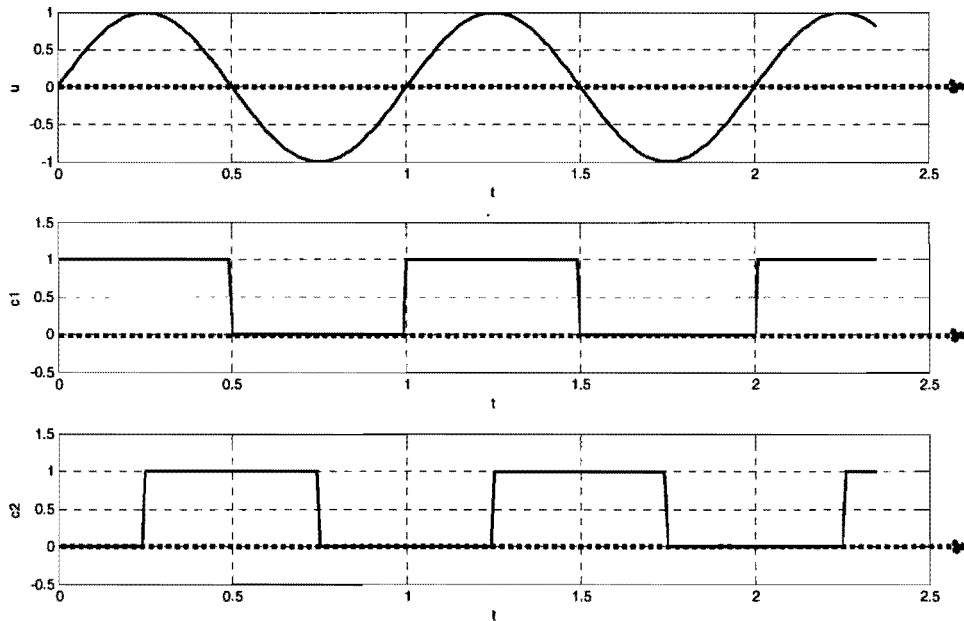


Figura 1. Semnalele folosite în algoritmul propus ($u(t)$ semnalul sinusoidal de frecvență controlată și amplitudine constantă, $c_1(t)$ și $c_2(t)$ două semnale dreptunghiulare de control sincronizate cu semnalul $u(t)$)

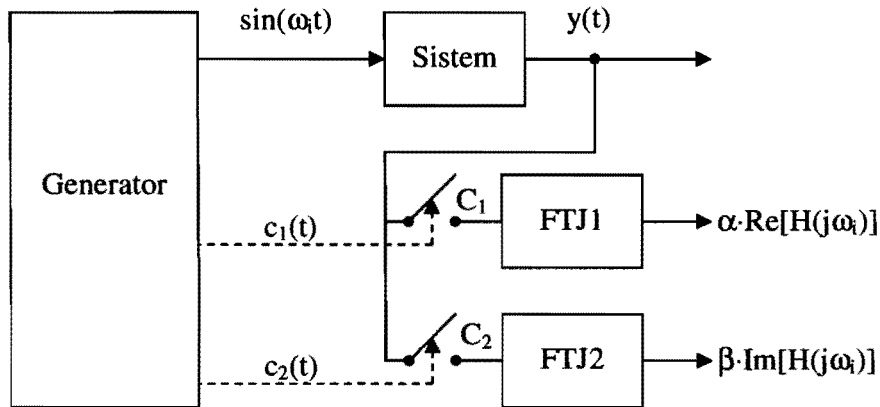
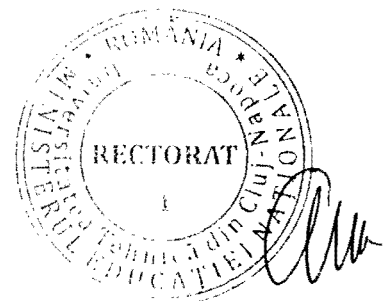
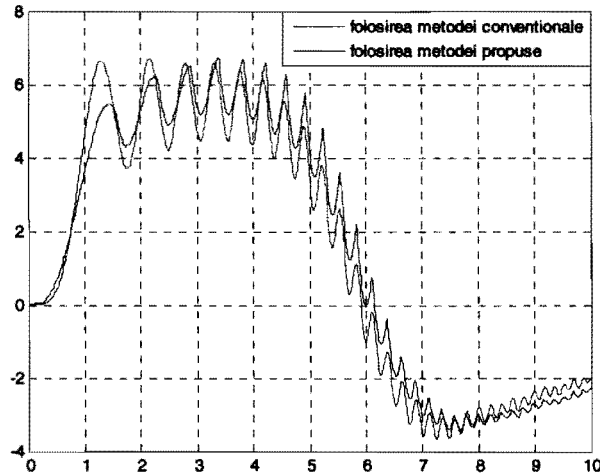
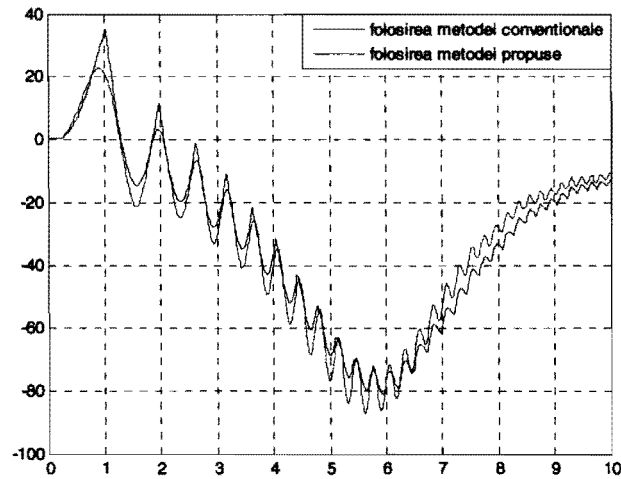


Figura 2. Schema de principiu a soluției propuse



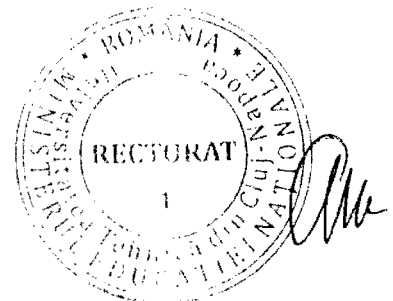


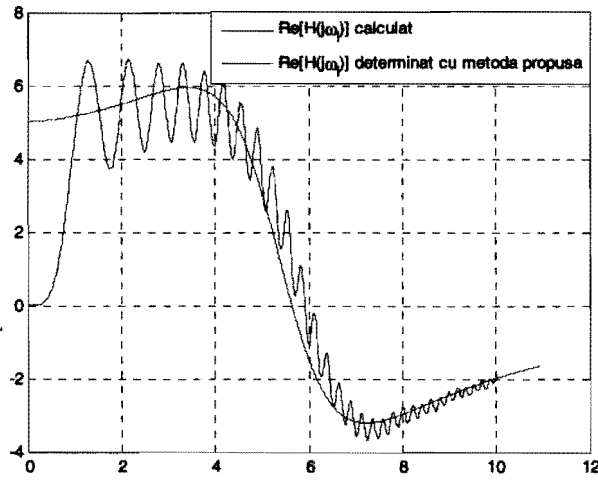
a)



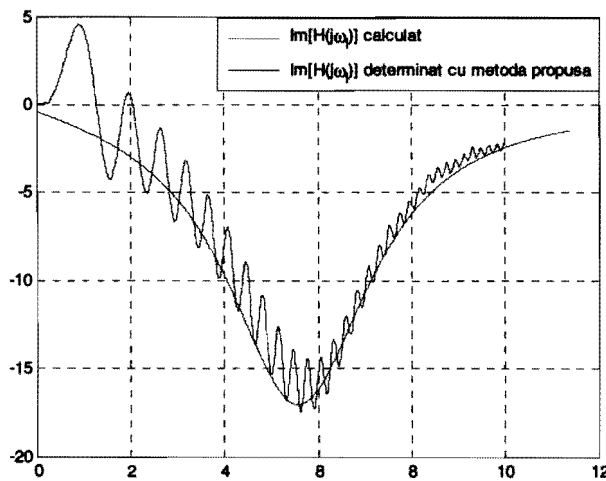
b)

Figura 3. Comparație între rezultatele unei metode convenționale și rezultatele metodei propuse: a) partea reală, b) partea imaginară





a)



b)

Figura 4. Comparație între rezultatele teoretice calculate și rezultatele metodei propuse:
a) partea reală, b) partea imaginară

