



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 00423

(22) Data de depozit: 13/06/2018

(41) Data publicării cererii:
30/01/2020 BOPI nr. 1/2020

(71) Solicitant:
• CENTRUL INTERNAȚIONAL DE
BIODINAMICĂ,
INTRAREA PORTOCALELOR, 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;
• BRATU DUMITRU, STR.VLAICU VODĂ
NR.4, BL.C 14, AP.13, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO;
• GHEORGHIU MIHAELA, BD. UNIRII
NR. 12, BL.7C, SC.A, AP.18, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;
• POLONȘCHII CRISTINA,
ȘOS. COLENTINA NR. 16, BL. A2, ET. 5,
AP. 38, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO

(54) METODĂ ȘI DISPOZITIV DE MĂSURARE CU PRECIZIE
A VARIAȚIEI PERIODICE A IMPEDANȚEI ELECTRICE
A UNEI PROBE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la un dispozitiv de măsurare a variației periodice a impedanței electrice a unei probe la una sau mai multe frecvențe ale unui câmp electric alternativ. Metoda conform invenției constă în aplicarea unui semnal electric, în câmp electric alternativ, de frecvență cunoscută f_m , pe o probă a cărei impedanță variază periodic cu o frecvență f , urmată de varierea impedanței totale a unui circuit de măsură, adăugând în serie sau în paralel cu proba o impedanță de referință de valoare cunoscută care variază la altă frecvență f_r , diferită de cea a probei, după care semnalul electric la frecvența f_m este filtrat la frecvența de lucru și se obține un semnal care oscilează cu frecvențele f și f_r , iar prin analiza Fourier a acestui semnal se izolează frecvențele f și f_r și se calculează amplitudinile lor, A_m și, respectiv, A_r , și, știind că A_m/A_r este aproximativ egal cu Z_v/Z_r , unde Z_v este modulul amplitudinii variației impedanței probei și Z_r este modulul impedanței referinței, se determină Z_v . Dispozitivul invenției cuprinde: un generator (1) de semnale care generează un semnal electric cu o a doua frecvență, un bloc (10) de amplificare de înaltă frecvență, un redresor (11a) sincron, un amplificator (11) de joasă frecvență, un bloc (12) de măsură, un bloc (13) de comandă și un modul (2) de intrare care cuprinde un circuit electric (4, 5) montat în serie sau în paralel cu o probă (3), care oscilează cu o a treia frecvență.

Revendicări: 12
Figuri: 5

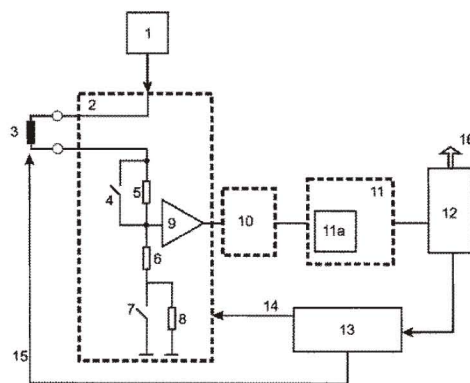


Fig. 1



Metodă și dispozitiv de măsurare cu precizie a variației periodice a impedanței electrice a unei probe

Descriere

Invenția se referă la o metodă și un dispozitiv de măsurare a variației periodice a impedanței electrice a unei probe la una sau mai multe frecvențe ale unui câmp electric alternativ.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în utilizarea unor impedanțe de referință în lanțul de măsură, dispuse în serie sau în paralel cu proba, și a căror valoare cunoscută oscilează cu frecvențe cunoscute cu valori mult mai mici decât a câmpului electric alternativ.

Avantajul principal al metodei și al dispozitivului de măsură asociat îl reprezintă posibilitatea de măsurare cu precizie a variațiilor mici de impedanță a unei probe a carei impedanță variază periodic, cu frecvența mult mai mică decât a câmpului electric alternativ. De asemenea, prin amplificarea exclusivă a variației semnalului electric (tensiunii de DC, rezultată în urma medierii oscilațiilor câmpului electric alternativ) aferente oscilațiilor impedanței probei, se obține creșterea semnificativă a raportului semnal/zgomot.

În cele ce urmează este descris un exemplu de aplicare a metodei și un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile 1-5 care reprezintă

Figura 1 - Schema dispozitivului de măsurare cu precizie a variației periodice a impedanței electrice a unei probe

Figura 2 - Variația unei impedanțe de 3kOhm cu 20 Ohm împreună cu două rezistențe în serie care oscilează cu frecvențe cunoscute măsurată cu dispozitivul de măsurare cu precizie a variației periodice a impedanței electrice a unei probe

Figura 3 - Spectrul de putere obținut în urma analizei Fourier a semnalului electric (tensiunii) măsurat la variația unei impedanțe de 3kOhm cu 20 Ohm împreună cu două rezistențe în serie care oscilează cu frecvențe cunoscute

Figura 4 - Variația unei impedanțe de 3kOhm cu 20 Ohm măsurată cu dispozitivul de măsurare cu precizie a variației periodice a impedanței electrice a unei probe

Figura 5 - Variația unei impedanțe de 3kOhm cu 20 Ohm măsurată cu analizorul de impedanță Agilent 4294 A

Pe o probă a cărei impedanță variază periodic cu o frecvență f se aplică un semnal electric, câmp electric alternativ, de frecvență cunoscută f_m . Se variază impedanța totală a circuitului de măsură adăugând în serie sau în paralel cu proba o impedanță de referință cu o valoare cunoscută a cărei valoare variază la altă frecvență f_r decât cea a probei. Semnalul electric la frecvența f_m este filtrat la frecvența de lucru și se obține un semnal care oscilează cu frecvențele f și f_r . Prin analiza de tip Fourier a acestui semnal se izolează frecvențele f și f_r și se calculează amplitudinile lor – A_m și

respectiv A_r . Cunoscând circuitul echivalent al sistemului de măsură și valorile de impedanță ale componentelor sale, se calculează modulul amplitudinii variației impedanței probei Z_v conform formulei (simplificate)

$$\frac{A_m}{A_r} = \frac{(Z_r + Z_e + Z_p)Z_v}{Z_r(Z_e + Z_p + Z_v)} \approx \frac{Z_v}{Z_r} \quad \text{ec. 1}$$

unde A_m – amplitudinea semnalului dat de variația impedanței probei, A_r – amplitudinea semnalului dat de modulul variației impedanței referinței, Z_r – modulul impedanței referinței, Z_e – modulul impedanței circuitului de măsură, Z_v – modulul amplitudinii variației impedanței probei și Z_p – impedanța probei care nu include variația Z_v ; $Z_p + Z_e \gg Z_r$, $Z_p + Z_e \gg Z_v$.

În cazul în care impedanța probei nu este cunoscută se variază impedanța totală a circuitului de măsură adăugând în serie sau în paralel cu proba încă o impedanță de referință cu o valoare cunoscută a cărei valoare variază la altă frecvență f_{r1} decât cea a probei. Prin analiza de tip Fourier a acestui semnal se izolează frecvența f_{r1} se calculează amplitudinea A_{r1} .

$$\frac{A_m}{A_{r1}} = \frac{(Z_{r1} + Z_e + Z_p)Z_v}{Z_{r1}(Z_e + Z_p + Z_v)} \approx \frac{Z_v}{Z_{r1}} \quad \text{ec. 2}$$

unde A_m – amplitudinea semnalului dat de variația impedanței probei, A_{r1} – amplitudinea semnalului dat de variația impedanței referinței, Z_{r1} – modulul impedanței referinței 1; $Z_p + Z_e \gg Z_{r1}$.

Din combinarea ecuațiilor ec. 1 și ec. 2 se poate obține necunoscuta Z_v funcție de ambele impedanțe de referință.

În situația în care variația impedanței probei este caracterizată de un circuit echivalent format din două sau mai multe elemente de circuit (de exemplu un circuit RC serie sau un circuit RC paralel) se efectuează măsurători la mai multe frecvențe ale semnalului electric respectiv $f_{m1} \dots f_{mn}$.

Un exemplu de determinare a valorilor rezistenței și capacității echivalente în urma măsurătorilor la două frecvențe ale câmpului electric f_{m1} și f_{m2} este prezentat mai jos.

Se măsoară amplitudinile oscilațiilor modulelor impedanței variabile la cele două frecvențe $AZ_{f_{m1}}$ și $AZ_{f_{m2}}$ și utilizând ecuațiile de mai jos se calculează rezistența R și capacitatea C ale unui circuit echivalent RC paralel:

$$R = \frac{AZ_{f_{m1}}AZ_{f_{m2}}\sqrt{f_{m1}^2 - f_{m2}^2}}{\sqrt{AZ_{f_{m1}}^2 f_{m1}^2 - AZ_{f_{m2}}^2 f_{m2}^2}} \quad \text{ec. 3}$$

$$C = \frac{\sqrt{-AZ_{f_{m1}}^2 + AZ_{f_{m2}}^2}}{AZ_{f_{m1}}AZ_{f_{m2}}\sqrt{4f_{m1}^2 - 4f_{m2}^2\pi}} \quad \text{ec. 4}$$

Un exemplu de realizare a dispozitivului, care nu este limitativ, în conformitate cu figura 1, este prezentat în continuare.

Generatorul (1) este alcătuit din două oscilatoare sinusoidale, fiecare generând câmpuri electrice alternative, tensiuni la câte o frecvență de lucru, 455 kHz și 5.5 MHz. Acest generator furnizează un semnal complex alcătuit din însumarea celor două frecvențe. Semnalul rezultat are amplitudinea RMS de 100mV. Generatorul (1) alimentează un Modul de Intrare (2) care are în compunere un Rezistor etalon (6) cu valoarea de 2000 Ohm în serie cu un rezistor de referință (5) și (8) cu valoarea de 10 Ohm. În paralel cu fiecare dintre rezistorii de referință (5, 8) se găsește contactul a câte unui releu (4, 7) comandat de Blocul de Comanda (13). Semnalul electric rezultat în urma trecerii curentului pe fiecare ramură este aplicat la intrarea unui Amplificator operațional cu banda de frecvență mare (9). Semnalul de la ieșirea Amplificatorului operațional cu banda de frecvență mare (9) este aplicat la intrarea Blocului de Amplificare de Înaltă Frecvență (10) care filtrează fiecare frecvență de lucru în parte și amplifică separat semnalele rezultate. Semnalele rezultate la ieșirea fiecărui filtru amplificator din Blocului de Amplificare de Înaltă Frecvență (10) sunt aplicate la intrările Redresorului Sincron (11a) din componența Amplificatorului de joasă frecvență (11) unde sunt transformate din semnale de curent alternativ de înaltă frecvență în semnale de curent alternativ de joasă frecvență. De asemenea aici există posibilitatea de a compensa valorile de curent continuu obținute și de a axa semnalul pe valoarea de "zero". Redresorul Sincron (11a) este comandat de Blocul de măsură (12). Semnalul provenit de la fiecare frecvență este amplificat în 3 etaje de amplificare în Amplificatorul de joasă frecvență (11). Tot aici se compensează componenta continuă convertitoare Digital/Analog comandate de către Blocul de Măsură (12). Amplificarea finală poate ajunge până la 80 dB. Blocul de măsură (12) asigură transmiterea datelor către calculatorul PC (în sine cunoscut și nefigurat) printr-o interfață de tip USB 2.0 (16). Acest bloc are în componență un microcontroler care gestionează toate funcțiile Dispozitivului și care primește comenzi pe o linie serială de tip RS232 de la același calculator PC. Blocul de măsură (12) este conectat la intrarea Blocului de Comandă (13). Blocul de Comandă (13) realizează comanda releelor (4) și (7) și are opțiunea de a transmite un semnal periodic sincronizat (15) cu oscilația releelor, de frecvență cunoscută, unui modul extern (de exemplu un modul de comandă pentru un stimul periodic care acționează asupra probei). Dispozitivul este alimentat cu o sursă în comutație (în sine cunoscută și nefigurată) alimentată la tensiunea de 220V și care furnizează o tensiune de 12V.

Modul de funcționare a dispozitivului conform invenției.

La pornirea Dispozitivului de măsură se face o calibrare pentru a compensa componenta continuă și a aranja semnalele măsurate în domeniile de amplificare optime.

Se alege frecvența de oscilație pentru releu și eventual stimulul extern.

Se face achiziția datelor.

În figura 2 este prezentat un exemplu de măsurătoare a variației unei impedanțe de 3kOhm cu 20 Ohm care oscilează cu frecvența de $f=0,44$ Hz împreună cu două rezistențe în serie care

oscilează cu frecvențe cunoscute $1/2f$ respectiv $2f$. Amplitudinile semnalelor date de variația impedanței probei și de modulul variației impedanțelor referințelor sunt calculate din spectrul de putere obținut în urma analizei Fourier a semnalului măsurat la variația unei impedanțe de 3kOhm cu 20 Ohm împreună cu două rezistențe în serie care oscilează cu frecvențe cunoscute - figura 3.

Din aceste amplitudini – folosind ecuațiile 1 și 2 se extrage valoarea rezistenței adăugate care variază cu frecvența f . În tabelul 1 se prezintă valori obținute la măsurători ale variațiilor de 10,20 respectiv 30 de Ohm peste o rezistență de 3 kOhm.

Rezistența [Ohm]	Rezistența valoare măsurată la frecvența 455kHz [Ohm]	Rezistența valoare măsurată la frecvența 5.5MHz [Ohm]	Eroarea [Ohm]
10.00 ±1%	9.17	8.43	±3
20.00 ±1%	18.10	16.73	±5
30.00 ±1%	27.5	25.13	±7

Tabelul 1

Un exemplu comparativ al semnalului amplificat măsurat cu dispozitivul conform invenției față de aceeași variație măsurată cu un aparat comercial de măsurare a impedanței (analizorul Agilent High Precision Impedance Analyzer model 4294 A) este prezentat în figurile 4 și 5.

Revendicări:

1. Metodă de măsură a variației periodice a impedanței electrice a unei probe cu o frecvență, prin aplicarea unui semnal electric periodic cu o a doua frecvență **caracterizată prin aceea că** variația cu prima frecvență a impedanței probei măsurate la frecvența a doua se măsoară împreună cu variația periodică a unei impedanțe cunoscute, măsurată la frecvența a doua, a unui circuit electric montat în serie sau în paralel cu proba, și care oscilează cu o a treia frecvență.
2. Metodă conform revendicării 1 **caracterizată prin aceea că** valoarea amplitudinii modulului variației periodice a impedanței electrice a probei la aplicarea unui semnal electric periodic cu o a doua frecvență, este proporțională cu raportul dintre amplitudinea semnalului oscilațiilor cu prima frecvență și amplitudinea semnalului oscilațiilor cu a treia frecvență a tensiunii măsurate la aplicarea unui semnal electric periodic cu o a doua frecvență.
3. Metodă conform revendicării 1 **caracterizată prin aceea că** se adaugă în serie, sau în paralel un al doilea circuit electric cu impedanța cunoscută care oscilează cu o a patra frecvență
4. Metodă conform revendicării 3 **caracterizată prin aceea că** valoarea amplitudinii modulului impedanței variației periodice a probei la aplicarea unui semnal electric periodic cu o a doua frecvență este proporțională cu raportul dintre amplitudinea oscilațiilor semnalului electric la prima frecvență și amplitudinea semnalului electric la a patra frecvență, la aplicarea unui semnal electric periodic cu o a doua frecvență.
5. Metodă conform revendicării 1 **caracterizată prin aceea că** valorile parametrilor circuitului echivalent cu variația periodică maximă a impedanței electrice a unei probe, Rezistență în paralel sau în serie cu un Condensator se determină pe baza raportului dintre amplitudinea oscilațiilor semnalului electric la prima frecvență și amplitudinea semnalului electric la a treia frecvență, la aplicarea unui semnal electric periodic cu o a doua frecvență și a raportului dintre amplitudinea oscilațiilor semnalului electric la prima frecvență și amplitudinea semnalului electric la a treia frecvență, la aplicarea unui semnal electric periodic cu o a cincea frecvență.
6. Metodă conform revendicării 1 **caracterizată prin aceea că** valorile parametrilor circuitului echivalent cu variația periodică maximă a impedanței electrice a unei probe, Rezistență în paralel sau în serie cu un Condensator se determină pe baza raportului dintre amplitudinea oscilațiilor semnalului electric la prima frecvență și amplitudinea semnalului electric la a patra frecvență, la aplicarea unui semnal electric periodic cu o a doua frecvență și a raportului dintre amplitudinea oscilațiilor semnalului electric la prima frecvență și amplitudinea semnalului electric la a patra frecvență, la aplicarea unui semnal electric periodic cu o a cincea frecvență.
7. Dispozitiv de măsură a variației periodice a impedanței electrice a a unei probe cu o frecvență, alcătuit dintr-un Generator de Semnal (1) care generează un semnal electric cu o a doua frecvență, un Bloc de Amplificare de Înalță Frecvență (10), un Redresor Sincron (11a), un Amplificator de Joasă Frecvență (11), un Bloc de Măsură (12), un Bloc de Comandă (13) și un Modul de Intrare (2) **caracterizat prin aceea că** în Modulul de Intrare (2) se află un circuit electric (4, 5) montat în serie sau în paralel cu proba (3), care oscilează cu o a treia frecvență.
8. Dispozitiv conform revendicării 5 **caracterizat prin aceea că** se calculează valoarea variația periodică a impedanței electrice a probei, din raportul dintre amplitudinea oscilațiilor cu prima frecvență și amplitudinea semnalului oscilațiilor cu a treia frecvență a tensiunii măsurate la aplicarea unui semnal electric periodic cu o a doua frecvență.

9. Dispozitiv conform revendicării 5 **caracterizat prin aceea că** în Modulul de Intrare **(2)** se află un circuit electric **(7, 8)** montat în serie sau în paralel cu proba **(3)**, care oscilează cu o a patra frecvență.
10. Dispozitiv conform revendicării 7 **caracterizat prin aceea că** valoarea impedanței probei la aplicarea unui semnal electric periodic cu o a doua frecvență se calculează din raportul dintre amplitudinea oscilațiilor semnalului electric la prima frecvență și amplitudinea semnalului electric la a patra frecvență la aplicarea unui semnal electric periodic cu o a doua frecvență.
11. Dispozitiv conform revendicărilor 5, 6, 7, 8 **caracterizat prin aceea că** Generatorul de Semnal **(1)** generează un semnal electric cu una, două sau mai multe frecvențe iar impedanța probei **(3)** este măsurată, la aceste frecvențe.
12. Dispozitiv conform revendicărilor 5, 6, 7, 8 **caracterizat prin aceea că** din Blocul de Comandă **(13)** se aplică asupra probei **(3)** un semnal periodic la prima frecvență sincronizat cu semnalele periodice la a treia și la a patra frecvență.

Desene

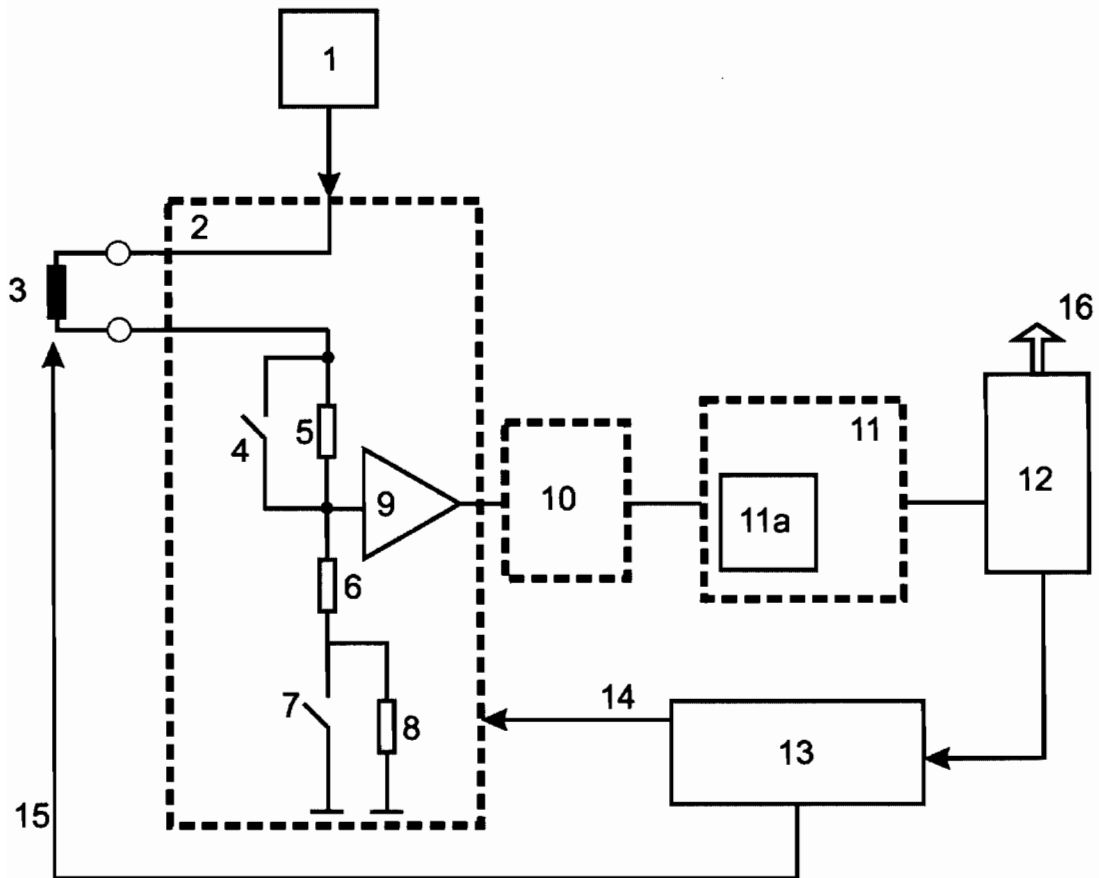


Figura 1 - Schema dispozitivului de măsurare cu precizie a variației periodice a impedanței electrice a unei probe

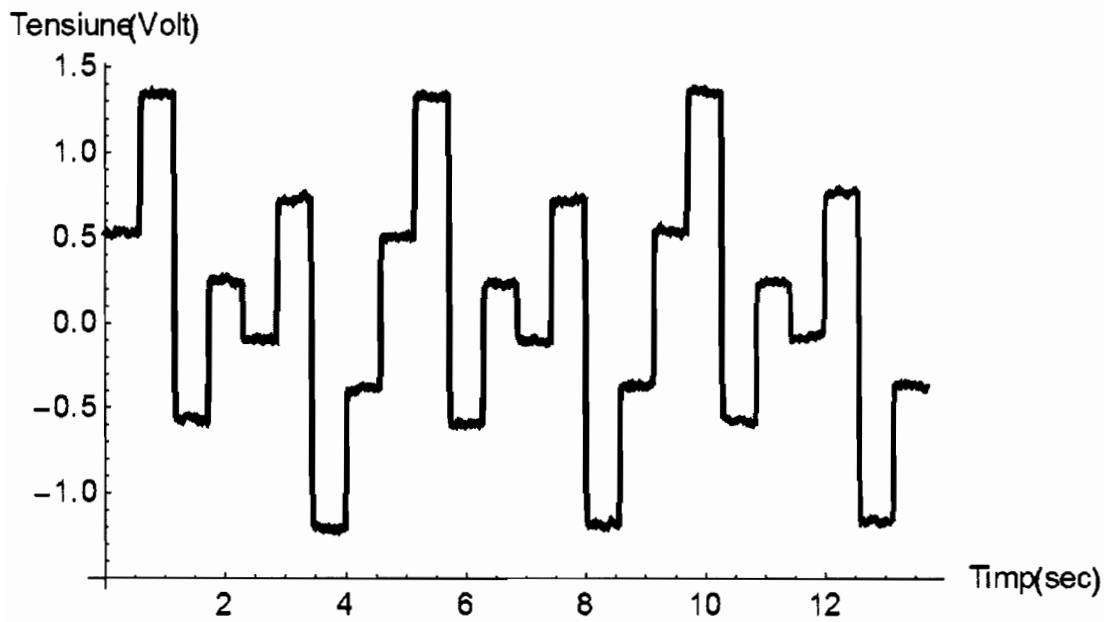


Figura 2 - Variația unei impedanțe de 3kOhm cu 20 Ohm împreună cu două rezistențe în serie care oscilează cu frecvențe cunoscute măsurată cu dispozitivul de măsurare cu precizie a variației periodice a impedanței electrice a unei probe

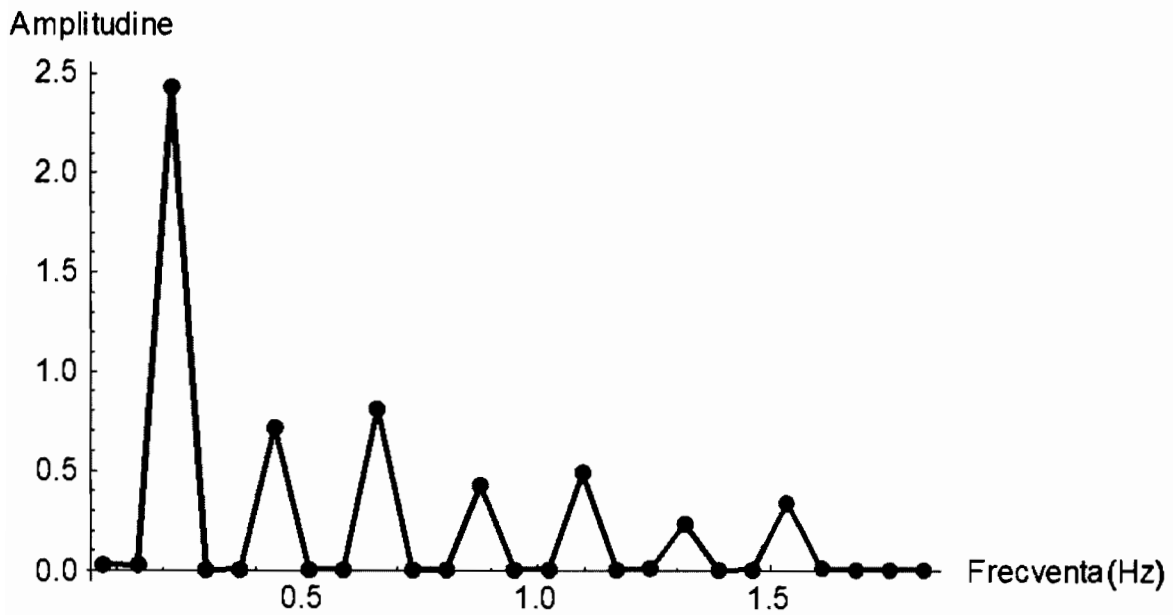


Figura 3 - Spectrul de putere obținut în urma analizei Fourier a semnalului măsurat la variația unei impedanțe de 3kOhm cu 20 Ohm împreună cu două rezistențe în serie care oscilează cu frecvențe cunoscute

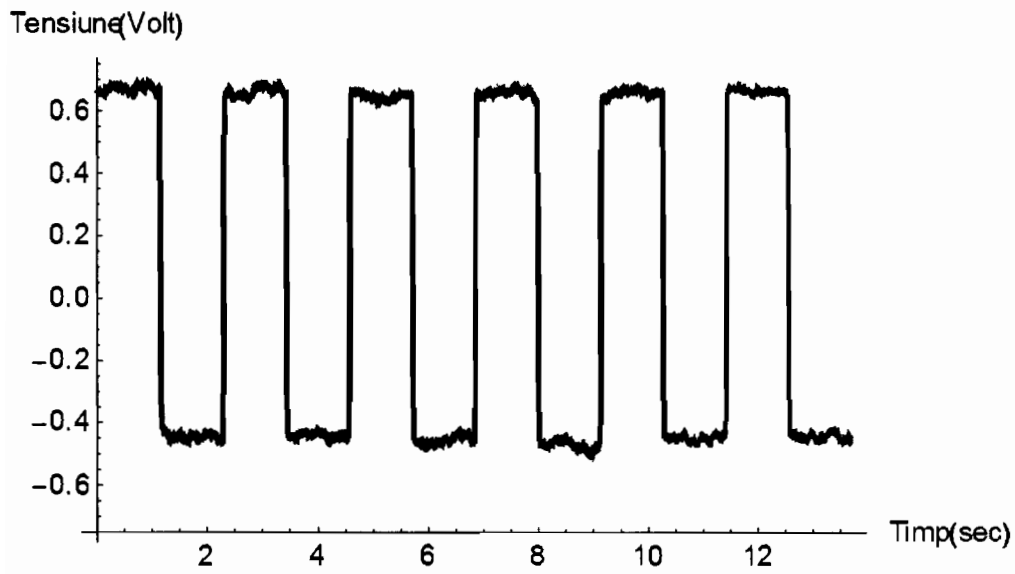


Figura 4 - Variația unei impedențe de 3kOhm cu 20 Ohm măsurată cu dispozitivul de măsurare cu precizie a variației periodice a impedenței electrice a unei probe

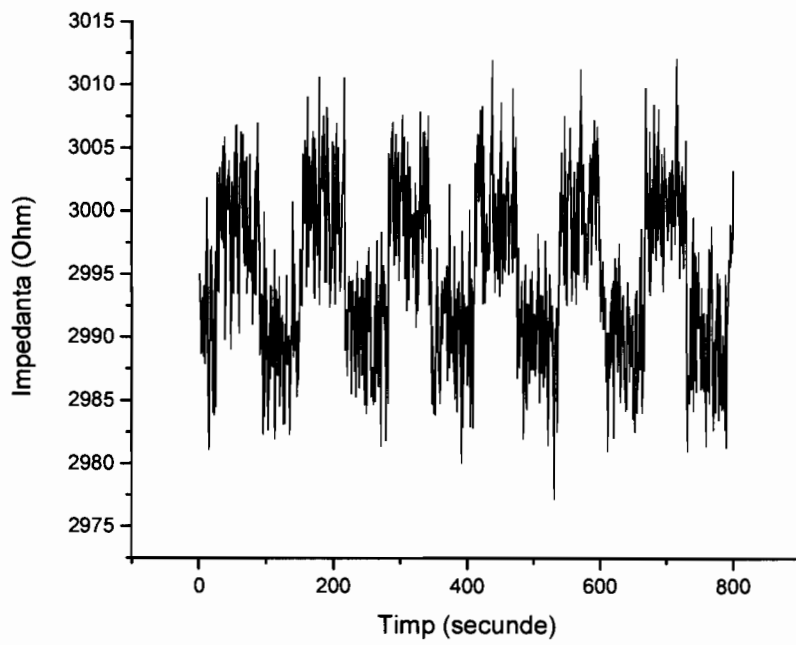


Figura 5 - Variația unei impedanțe de 3kOhm cu 20 Ohm măsurată cu analizorul de impedanță Agilent 4290